

H. SCHAT

Fernsehlabor der Nordmende KG

## Eine einfache Brummkompensation für Fernsehgeräte

DK 621.397.62

Die Arbeit zeigt, daß in einem Netzteil ohne Drossel, jedoch mit Siebwiderstand, die Grundwelle (bei einphasiger Gleichrichtung) an dem Ladekondensator ungefähr  $90^\circ$  gegenüber der Netzspannung nacheilt. Eine weitere Phasendrehung von beinahe  $90^\circ$  findet bei Verwendung eines Siebwiderstandes und eines Siebkondensators statt, so daß die Brummspannung am Siebkondensator ungefähr in Gegenphase zur Netzspannung ist. Diese Erscheinung wird dazu ausgenutzt, um auf einfache Weise die Brummspannung zu verringern, so daß die gegenüber dem Netzteil mit Drossel zusätzlichen Kapazitäten sehr verkleinert werden können.

Zur Gewinnung und Siebung der Anodenspannungen wird in Fernsehgeräten meist eine Schaltung nach dem Prinzip im Bild 1 verwendet.

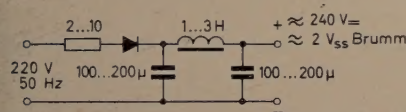


Bild 1. Schaltung eines Fernseh-Netzteiles mit Drossel

Bei der immer gedrungener werdenden Bauweise der Geräte rücken kritische Einzelteile, die man früher weit voneinander entfernt anordnete, näher zusammen. Die Netzdrossel ist ein Bauteil, der aus folgenden Gründen stört:

- 1) Das Streufeld beeinflusst die Ablenkeinheit und den Elektronenstrahl in der Bildröhre. Die Folge ist eine Verzeichnung des Bildes, die besonders auffällt, wenn sie durch das Bild wandert, also wenn der Taktgeber des Senders nicht mit der Netzspannung des Empfängers synchronisiert ist. Das ist für Exportgeräte besonders wichtig, weil manche Länder die CCIR-Norm und eine Netzfrequenz von 60 Hz haben.
- 2) Andere Folgen des Streufeldes können Brumm-Modulation in der Oszillator-Mischröhre, Brumm im NF-Teil infolge Induktion im Ton-Ausgangstransformator usw. sein.
- 3) Bei tragbaren Geräten muß alles getan werden, um das Gesamtgewicht kleinzuhalten. Hier sowie in Chassis, die fast nur noch aus gedruckten Platinen bestehen, ist die Netzdrossel ein störender Ballast. Es gibt an einem leicht gebauten Chassis, das nicht mehr als eine Platinenhalterung ist, nur wenige Punkte, an denen aus Stabilitätsgründen ein Trafo befestigt werden kann. Dort müssen aber auch Ton- und Vertikal-Ausgangstransformator ihren Platz finden. An dieser Stelle auch noch die Netzdrossel einzubauen, ist wegen der obengenannten Erscheinungen unerwünscht.

Ein Netzteil ohne Drossel müßte etwa so aussehen, wie im Bild 2 dargestellt.

Bei der gleichen Brummspannung wie im Bild 1 muß man aber beträchtlich mehr Siebkapazität aufwenden, ungefähr 200...300 µF mehr. Betrachtet man die Preise von Netzdrossel und Kondensatoren,

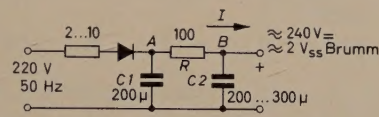


Bild 2. Schaltung eines Fernseh-Netzteiles ohne Drossel

dann sind die Einzelteile der im Bild 2 gezeigten Schaltung erheblich teurer als diejenigen in der Schaltung nach Bild 1. Im folgenden sei Bild 2 etwas näher betrachtet.

### 1. Die Spannung am Punkt A

Die Spannung am Punkt A zeigt Bild 3.

Zur Bestimmung der Kurve  $u = f(\omega t)$  wird angenommen, daß sie aus geraden Stücken besteht, das heißt, sowohl Ladung als auch Entladung werden als linear betrachtet. Um den Betrag  $\Delta U$  zu ermitteln, stellt man sich vor, daß der Kondensator C 1 während der

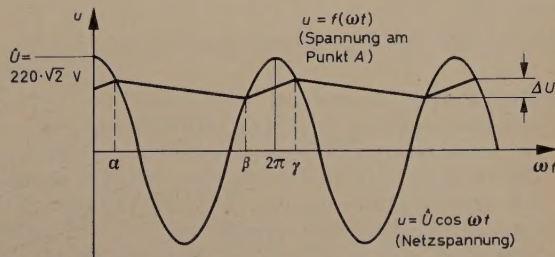


Bild 3. Netzspannung 50 Hz und Spannung am Punkt A

Zeit  $\beta/\omega \dots \gamma/\omega$  aufgeladen wird und während  $\alpha/\omega \dots \beta/\omega$  einen Teil seiner Ladung ( $\Delta Q_{C1}$ ) über R abgibt, und zwar soviel, wie nötig ist, um den Strom  $I = 320$  mA aufrechtzuerhalten. Es wird angenommen, daß I während der ganzen Periode mit 320 mA konstant bleibt; dieser Wert wurde gemessen. Es gilt dann

$$(Q_{C1})_{\alpha} - (Q_{C1})_{\beta} = (C_1 U_{C1})_{\alpha} - (C_1 U_{C1})_{\beta} = C_1 \Delta U = \Delta Q_{C1}$$

Messungen ergaben außerdem die Entladezeit  $0,85 T = \frac{1,7 \pi}{\omega}$ , so daß die entnommene Ladung für diese Zeit

$$C_1 \Delta U = \frac{1,7 \pi \cdot I}{\omega}$$

ist.

$$\text{Hieraus folgt} \quad \Delta U = 27,2 \text{ V}$$

Die mittlere Gleichspannung an  $C_2$  wurde mit 240 V gemessen. Bei  $R = 100 \Omega$  und  $I = 320 \text{ mA}$  muß an  $C_1$  eine mittlere Gleichspannung von  $240 + 100 \cdot 0,320 = 272 \text{ V}$  liegen.

Weil  $u = f(\omega t)$  als aus geraden Stücken bestehend gedacht ist, wird die Spannung an  $C_1$  sich um  $272 \pm \Delta U/2$ , das heißt zwischen 285,6 V und 258,4 V, ändern. Hiermit ist die Kurve  $u = f(\omega t)$  festgelegt. Die Werte für die Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  können errechnet werden.

$$\cos \alpha = \frac{285,6}{220 \sqrt{2}} = 0,918$$

$$\cos \beta = \frac{258,4}{220 \sqrt{2}} = 0,832$$

$$\alpha = 23^\circ \quad \gamma = 383^\circ$$

$$\beta = 360^\circ - 34^\circ = 326^\circ$$

Den Wechselspannungsanteil der Spannung an  $A$  zeigt angenähert die Kurve im Bild 4.

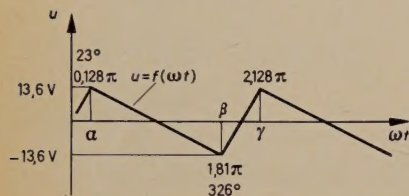


Bild 4. Reine Wechselspannung am Ladekondensator  $C_1$

Interessant an dieser Kurve sind Amplitude und Phasenlage gegenüber der Netzspannung  $u = \hat{U} \cos \omega t$ .

Umgerechnet in Bogenmaß, ist  $\alpha = 0,128 \pi$ ,  $\beta = 1,81 \pi$  und  $\gamma = 2,128 \pi$ .

Für die Funktion des Teiles von  $\alpha$  bis  $\beta$  gilt

$$u = k + \frac{m}{\pi} \omega t \quad (2)$$

$$m = \frac{-27,2}{1,81 - 0,128} = -16,15 \text{ V}$$

$$k = 13,6 + \frac{0,128 \pi \cdot 16,15}{\pi} = 15,67 \text{ V}$$

$$u = 15,67 - \frac{16,15 \omega t}{\pi}$$

Von  $\beta$  bis  $\gamma$  gilt

$$u = l + \frac{n}{\pi} \omega t$$

$$n = \frac{27,2}{2,128 - 1,81} = 84,7 \text{ V}$$

$$l = -13,6 - 1,81 \pi \cdot \frac{84,7}{\pi} = -166,8 \text{ V}$$

$$u = -166,8 + \frac{84,7}{\pi} \omega t$$

Nach Fourier ist die erste Harmonische darzustellen durch  $b \sin \omega t + a \cos \omega t$ , wobei

$$b = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \sin \omega t d\omega t \quad \text{und} \quad a = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \cos \omega t d\omega t \quad (4)$$

Zur einfachen Berechnung der Phasenlage integriert man von  $\alpha$  bis  $\gamma$ , also auch über eine volle Periode.

$$b = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\gamma} f(\omega t) \sin \omega t d\omega t$$

$$\begin{aligned} (1) \quad &= \frac{1}{\pi} \left[ \int_{\alpha}^{\beta} \left( k + \frac{m}{\pi} \omega t \right) \sin \omega t d\omega t + \int_{\beta}^{\gamma} \left( l + \frac{n}{\pi} \omega t \right) \sin \omega t d\omega t \right] \\ &= \frac{1}{\pi} \left( \int_{\alpha}^{\beta} k \sin \omega t d\omega t + \frac{m}{\pi} \int_{\alpha}^{\beta} \omega t \sin \omega t d\omega t \right. \\ &\quad \left. + \int_{\beta}^{\gamma} l \sin \omega t d\omega t + \frac{n}{\pi} \int_{\beta}^{\gamma} \omega t \sin \omega t d\omega t \right) \\ &= \frac{1}{\pi} (B' + B'' + B''' + B''') \end{aligned} \quad (5)$$

$$B' = k \int_{\alpha}^{\beta} \sin \omega t d\omega t = -k \cos \omega t \Big|_{\alpha}^{\beta} = k (\cos \alpha - \cos \beta)$$

$$B'' = \frac{m}{\pi} \int_{\alpha}^{\beta} \omega t \sin \omega t d\omega t = -\frac{m}{\pi} \int_{\alpha}^{\beta} \omega t d\cos \omega t$$

$$= \frac{m}{\pi} \left( -\omega t \cos \omega t \Big|_{\alpha}^{\beta} + \int_{\alpha}^{\beta} \cos \omega t d\omega t \right)$$

$$= \frac{m}{\pi} \left( \alpha \cos \alpha - \beta \cos \beta + \sin \omega t \Big|_{\alpha}^{\beta} \right)$$

$$= \frac{m}{\pi} (\alpha \cos \alpha - \beta \cos \beta + \sin \beta - \sin \alpha)$$

$$B''' = \int_{\beta}^{\gamma} l \sin \omega t d\omega t = l (\cos \beta - \cos \gamma)$$

$$B'''' = \frac{n}{\pi} \int_{\beta}^{\gamma} \omega t \sin \omega t d\omega t$$

$$= \frac{n}{\pi} (\beta \cos \beta - \gamma \cos \gamma + \sin \gamma - \sin \beta)$$

Setzt man die oben angegebenen Werte in Gl. (5) ein, dann erhält man

$$b = 9,7 \text{ V} \quad (6)$$

$$(3) \quad a = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\gamma} f(\omega t) \cos \omega t d\omega t$$

$$= \frac{1}{\pi} \left[ \int_{\alpha}^{\beta} \left( k + \frac{m}{\pi} \omega t \right) \cos \omega t d\omega t + \int_{\beta}^{\gamma} \left( l + \frac{n}{\pi} \omega t \right) \cos \omega t d\omega t \right]$$

$$= \frac{1}{\pi} \left( \int_{\alpha}^{\beta} k \cos \omega t d\omega t + \int_{\alpha}^{\beta} \frac{m}{\pi} \omega t \cos \omega t d\omega t \right.$$

$$\left. + \int_{\beta}^{\gamma} l \cos \omega t d\omega t + \int_{\beta}^{\gamma} \omega t \frac{n}{\pi} \cos \omega t d\omega t \right)$$

$$= \frac{1}{\pi} (A' + A'' + A''' + A''') \quad (7)$$

$$A' = \int_a^\beta k \cos \omega t \, d\omega t = k \sin \omega t \Big|_a^\beta = k (\sin \beta - \sin \alpha)$$

$$A'' = \int_a^\beta \frac{m}{\pi} \omega t \cos \omega t \, d\omega t = \frac{m}{\pi} \int_a^\beta \omega t \, d \sin \omega t$$

$$= \frac{m}{\pi} \left( \omega t \sin \omega t \Big|_a^\beta - \int_a^\beta \sin \omega t \, d\omega t \right)$$

$$= \frac{m}{\pi} \left( \beta \sin \beta - \alpha \sin \alpha + \cos \omega t \Big|_a^\beta \right)$$

$$= \frac{m}{\pi} \left( \beta \sin \beta - \alpha \sin \alpha + \cos \beta - \cos \alpha \right)$$

$$A''' = \int_\beta^\gamma l \cos \omega t \, d\omega t$$

$$= l (\sin \gamma - \sin \beta)$$

$$A'''' = \int_\beta^\gamma \frac{n}{\pi} \omega t \cos \omega t \, d\omega t$$

$$= \frac{n}{\pi} (\gamma \sin \gamma - \beta \sin \beta + \cos \gamma - \cos \beta)$$

$$a = 1,2 \text{ V}$$

(8)

Die erste Harmonische an A kann also geschrieben werden als

$$U_A = 9,7 \sin \omega t + 1,2 \cos \omega t, \quad (9)$$

aber auch als  $A \cos (\omega t - \varphi_1)$

$$= A (\cos \omega t \cos \varphi_1 + \sin \omega t \sin \varphi_1)$$

$$\tan \varphi_1 = \frac{A \sin \omega t}{A \cos \omega t} = \frac{b}{a} = \frac{9,7}{1,2} = 8,01; \quad \varphi_1 = 83^\circ \quad (10)$$

$U_A$  eilt also um  $83^\circ$  der Netzspannung nach (Bild 5).

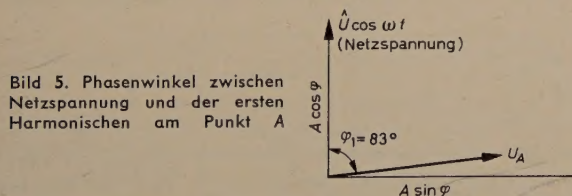


Bild 5. Phasenwinkel zwischen Netzspannung und der ersten Harmonischen am Punkt A

Zur weiteren Rechnung ist die komplexe Form handlicher: Sie lautet

$$U_a = 9,7 + j 1,2 \text{ V} \quad (11)$$

## 2. Die Spannung am Punkt B

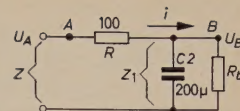
Im Bild 6 ist  $R_b$  der Ersatzwiderstand für die Belastung des Gerätes

$$R_b = \frac{240}{320} \cdot 10^3 = 750 \, \Omega \quad (12)$$

$$X_{C2} = \frac{10^6}{j 50 \cdot 2 \pi \cdot 200} = -j 15,9 \, \Omega,$$

$$\text{so daß } Z_1 = \frac{X_{C2} \cdot R_b}{X_{C2} + R_b} = 0,315 - j 15,3 \, \Omega \text{ ist.} \quad (13)$$

Bild 6. Die Spannung am Punkt B eilt der Spannung am Punkt A um fast  $90^\circ$  nach



Da  $U_A$  und  $U_B$  die Spannungen der ersten Harmonischen an den Punkten A und B sind, ist

$$U_B = \frac{Z_1 U_A}{Z}, \text{ wobei } Z = 100,315 - j 15,9 \, \Omega$$

$$U_B = U_A (0,0266 - j 0,149) \quad (14)$$

Die Spannung am Punkt B eilt also um

$$\arctan \varphi_2 = \frac{0,149}{0,0266}; \quad \varphi_2 = 80^\circ \quad (15)$$

gegenüber der Spannung im Punkt A nach. Setzt man  $U_A$  in Gl. (14) ein, dann ergibt sich  $U_B = 0,4 - 1,4 j$ .

$$\tan \varphi_3 = \frac{0,4}{1,4} = 0,29; \quad \varphi_3 = 17^\circ \quad (16)$$

Das Vektordiagramm im Bild 7 zeigt, daß die Phase der 50-Hz-Komponente bei B jetzt um  $163^\circ$  gegenüber der Netzspannung gedreht ist.

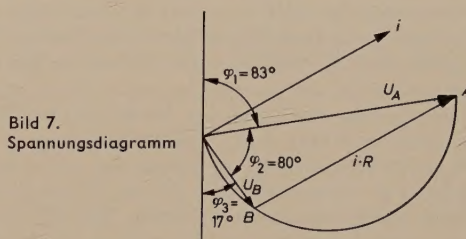


Bild 7. Spannungsdiagramm

## 3. Die Kompensation

Die Analyse zeigt den Weg, auf einfache Weise die Brummspannung im Punkt B zu verringern, nämlich dadurch, daß man mit einer Spannung in Phase der Netzfrequenz die Spannung bei B für den

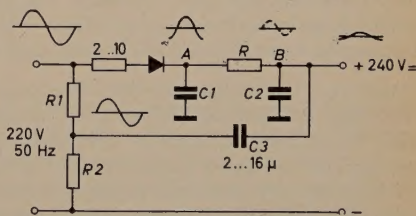


Bild 8. Schaltung mit Brummkompensation

Teil kompensiert, der mit dem Netz in Phase ist. Bild 8 zeigt eine solche Schaltung.

Mit diesen einfachen Mitteln wird eine Brummspannungsverringern von etwa 50% erreicht; nur 50%, weil die Brummspannung, die als Rückwirkung der unterschiedlichen Stromentnahme der Vertikal-Endstufe während einer Periode entsteht, nicht synchron mit dem Netz zu sein braucht und weil die Phasendrehung eben doch nicht genau  $180^\circ$  ist. Die höheren Harmonischen werden von  $C_2$  besser gesiebt als die erste. Sie sind bei B dann auch nicht mehr von Bedeutung.

Die Widerstände R 1 und R 2 sind im Fernsehgerät meist schon in Form der Heizfadenkette vorhanden.

Der Kondensator C 3 verringert die Brummspannung in demselben Maße, wie ein zusätzlicher Siebkondensator von etwa  $200 \, \mu\text{F}$  es tun würde. Mit Hilfe der Kompensation kann man die Vorteile, die das Entfallen der Drossel mit sich bringt, ohne größeren Aufwand ausnutzen.

(eingegangen am 18. April 1961)

Es wird der Einfluß von Begrenzer- und Diskriminatoreigenschaften auf den beim Empfang von zwei FM-Sendern erforderlichen HF-Störabstand untersucht. Die an einer Versuchsschaltung vorgenommenen Messungen und ihre Ergebnisse werden angegeben, der Einfluß der Nichtlinearität des Diskriminators wird rechnerisch ermittelt. Abschließend werden zwei günstige Begrenzeranordnungen kurz beschrieben.

In einem früheren Aufsatz [1] wurde untersucht, welcher HF-Störabstand beim Empfang zweier FM-Sender erforderlich ist, wenn Begrenzer und Diskriminator ideal arbeiten. Ein Vergleich mit Meßergebnissen [2] ergab, daß insbesondere bei größeren Frequenzabständen zwischen Nutz- und Störsender ein wesentlich höherer HF-Störabstand erforderlich ist als die Theorie erfordert (siehe auch [3]). Es sollen nun einige Punkte untersucht werden, die einen wesentlichen Einfluß auf die mangelhafte Störunterdrückung ausüben.

Zuvor eine Bemerkung zu der Untersuchungsmethode: Die bei größeren Frequenzabständen der Sender auftretenden Störungen bestehen praktisch nur aus einem verständlichen Übersprechen. Theoretisch wäre kein verständliches Übersprechen zu erwarten, sondern es sollte nur ein dem Rauschen ähnliches Geräusch auftreten. Für die zu beschreibende Untersuchung schien es ausreichend, die Vorgänge statisch zu betrachten, das heißt bei unmoduliertem Nutz- und Störsender durch Ermittlung der hinter dem Diskriminator auftretenden Gleichspannung das zu erwartende Übersprechen zu erfassen. Zweifellos erhält man damit nur eine Näherung, jedoch vereinfachen sich die Untersuchungen wesentlich, und sie ergeben auch so einen guten Einblick in die Wirkungsweise der Schaltung. Es sei nun zunächst der Gitterstrombegrenzer betrachtet. Seine Prinzipschaltung zeigt Bild 1. Bei ausreichend großer Spannung  $U_1$  wird durch den Gitterstrom der Arbeitspunkt jeweils so verschoben, daß sich am Ausgang eine annähernd konstante Wechselspannung  $U_2$  ergibt. Das gilt allerdings nur, wenn die Amplitudenänderung von  $U_1$  nicht zu schnell vor sich geht. Andernfalls wird der Kondensator  $C$  nicht so schnell über den Widerstand  $R$  entladen, wie es nötig wäre. Für die Aufladung ergibt sich infolge der niederohmigen Katoden-Gitterstrecke eine wesentlich niedrigere Zeitkonstante, so daß eine schnelle Aufladung gewährleistet ist. Die Entladezeitkonstante üblicher Rundfunkempfänger liegt etwa in der Größenordnung von  $5 \dots 50 \mu s$ . Sie ist damit aber so hoch, daß eine mit einer Frequenz von einigen 100 Kilohertz erfolgende Amplitudenänderung praktisch nicht mehr unterdrückt wird, sondern es ergibt sich nur eine annähernd konstante Spitzenspannung.

Damit ergibt sich folgendes Bild: Der frequenzmodulierte Störsender, der einige 100 Kilohertz neben dem Nutzsender liegt, wird stets auch eine Amplitudenmodulation aufweisen, die von seiner Frequenzmodulation an den Flanken der Bandfilter erzeugt wird. Da diese Flanken oft recht steil sind, ergibt sich meist ein Modulationsgrad, der nur wenig unter 100% liegt. Wie eben gezeigt wurde, wird die Spitzen-

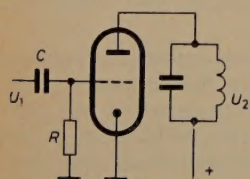
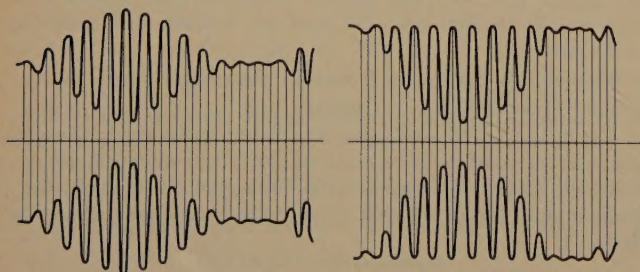


Bild 1. Prinzipschaltung eines Gitterstrombegrenzers. Wegen der Zeitkonstante der RC-Kombination wird die Begrenzung frequenzabhängig

Bild 2 (unten). Spannung am Begrenzer eingang (links) und am Ausgang (rechts)



spannung annähernd konstantgehalten. Damit wird die am Begrenzeingang liegende Spannung in die Spannung am Begrenzer Ausgang umgeformt (Bild 2). Das bedeutet aber eine Amplitudenmodulation des Nutzträgers mit der Modulation des Störsenders. Am Diskriminatorausgang erhält man neben der Nutzmodulation auch die Störmodulation. An einer Meßschaltung, bestehend aus einem Gitterstrombegrenzer und einem Riegger-Diskriminator, wurde die Gleichspannung am Ausgang gemessen, die sich ergibt, wenn auf den Begrenzeingang zwei verschiedene Frequenzen gegeben werden. Die

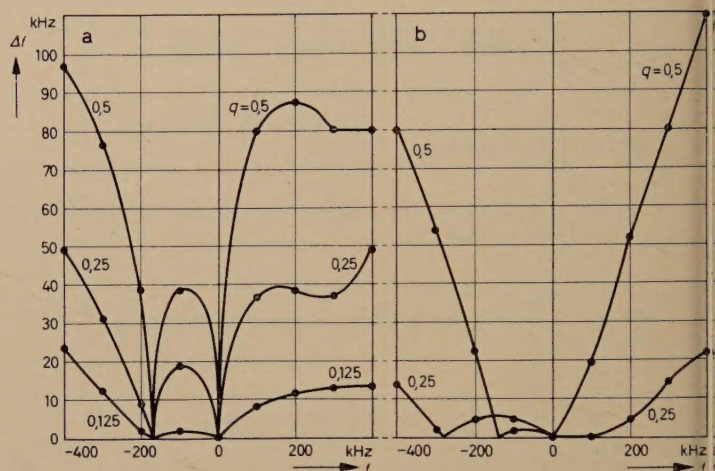


Bild 3. Gleichspannung am Diskriminatorausgang bei Empfang zweier unmodulierter Schwingungen und bei Verwendung eines Gitterstrombegrenzers. Die Gleichspannung wurde, entsprechend der Steilheit des Diskriminators, in Frequenzhub  $\Delta f$  umgerechnet. Die Zeitkonstante des RC-Gliedes ist etwa  $25 \mu s$  (links) beziehungsweise  $5 \mu s$  (rechts)

Frequenz der Nutzsprung wurde auf Diskriminatormitte eingestellt. Das Ergebnis für verschiedene Spannungsverhältnisse  $q$  und für zwei verschiedene RC-Zeitkonstanten zeigt Bild 3. Die Gleichspannung wurde, entsprechend der Steilheit der Diskriminator-Kennlinie, in Frequenzhub umgerechnet. Zum Vergleich wurde eine Meßreihe mit der amerikanischen Begrenzeröhre 6BN6, die praktisch frequenzunabhängig arbeitet, durchgeführt. Das Ergebnis zeigt Bild 4. Wie man sieht, ergibt sich eine wesentliche Minderung des Übersprechens beim frequenzunabhängigen Begrenzer.

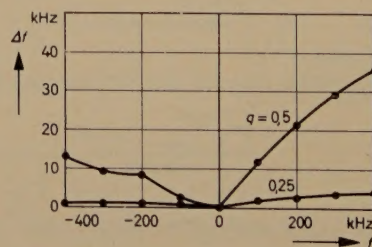


Bild 4. Gleichspannung entsprechend Bild 3, jedoch bei Verwendung der amerikanischen Begrenzeröhre 6BN6

Jedoch ist auch der Diskriminator nicht ohne Einfluß auf das Übersprechen. Um das zu untersuchen, sei zunächst eine theoretische Betrachtung vorangestellt. Es ergibt sich hinter einem idealen Begrenzer, der eingangsseitig zwei sinusförmige Schwingungen erhält, der Frequenzhub

$$\Delta f = q \cdot \bar{f} \frac{q + \cos 2\pi \bar{f} t}{1 + q^2 + 2q \cos 2\pi \bar{f} t}, \quad (1)$$

wobei  $q$  das Spannungsverhältnis von Stör- zu Nutzsprung und  $\bar{f}$  die Differenz zwischen Nutz- und Störfrequenz ist.

Bild 5 zeigt die damit ermittelte Störfunktion. Es ergeben sich also recht große Frequenzhübe, wenn die Störspannung in die Größenordnung der Nutzsprung kommt. Diese Hübe muß der Diskrimi-

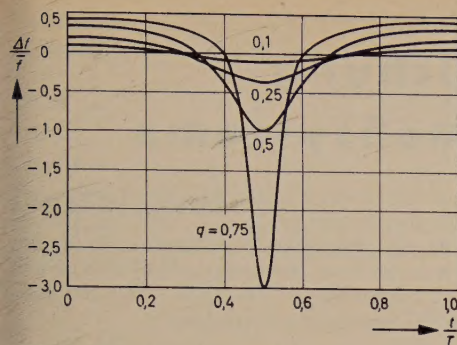


Bild 5. FM-Schwingung hinter dem (idealen) Begrenzer bei Empfang zweier unmodulierter Schwingungen, die den Frequenzabstand  $f$  haben

nator verarbeiten können, wenn keine Störungen auftreten sollen. Nimmt man an, daß die Diskriminator-Kennlinie der Gleichung

$$u = a \cdot \Delta f + b \Delta f^2 + c \Delta f^3 \quad (2)$$

folgt, dann erhält man vom quadratischen Glied, und zwar nur von diesem, eine Gleichstromkomponente, die, wie bereits erläutert, ein Übersprechen bewirkt. Es sei hier nur das quadratische Glied berücksichtig.

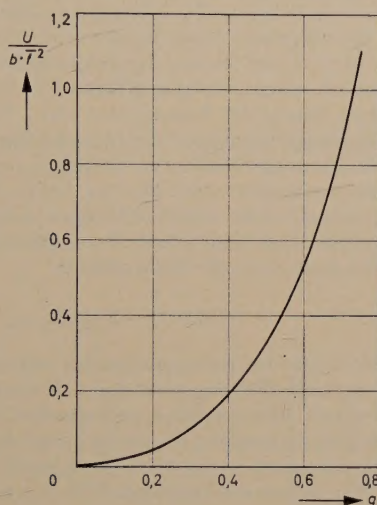


Bild 6. Gleichspannung am Diskriminator infolge nichtlinearer Diskriminator-Kennlinie beim Empfang zweier unmodulierter Schwingungen

achtet. Setzt man Gl. (1) in Gl. (2) ein und ermittelt daraus den Gleichstromanteil, dann erhält man die im Bild 6 angegebenen Werte. Um einen Überblick über die zu erwartende Störkomponente zu erhalten, seien einige Zahlenwerte eingesetzt, die auf einen Hub von 42 kHz bezogen sind. Es sei also  $a = \frac{1}{42} \frac{V}{\text{kHz}}$ .

Für  $b$  sei der Wert  $b = \frac{0,002}{42} \frac{V}{\text{kHz}}$  angenommen. Für den Hub von 42 kHz ergibt sich mit diesen Werten ein Klirrfaktor von  $k_2 = 10^{-4}$ . Tab. I gibt einige Werte für die auf 42 kHz Hub bezogene Gleichstromkomponente bei verschiedenen Störabständen an. Verlangt man einen Störabstand von 52 dB (jeweils auf den Wert Spitze—Spitze bezogen), dann müssen die Werte oberhalb der in Tab. I eingezeichneten gestrichelten Linie eingehalten werden. Meßergebnisse bestätigen den Einfluß des Diskriminators.

Tab. I. Gleichspannung in Volt am Diskriminatorausgang für verschiedene Störabstände

$q$	$\bar{f} = 100 \text{ kHz}$	200 kHz	300 kHz	400 kHz
0,1	0,000057	0,000227	0,00051	0,0009
0,25	0,00037	0,00147	0,0033	0,0059
0,5	0,00185	0,0074	0,0166	0,0294
0,75	0,0061	0,0243	0,055	0,098

Ebenso zeigte sich, daß die Zeitkonstante der  $RC$ -Glieder hinter den beiden Diskriminator-Dioden verhältnismäßig klein sein muß. Es ergab sich bei Verwendung von zwei hintereinandergeschalteten Begrenzerstufen mit der Röhre 6BN6 und bei sorgfältig abgeglichenem Dis-

kriminator eine Störspannung, die bei  $q = 0,5$  kleiner als der einem Hub von 0,18 kHz und bei  $q = 0,75$  kleiner als der einem Hub von 0,36 kHz entsprechende Wert ist. Das ist gegenüber den im Bild 3 dargestellten Werten eine erhebliche Verbesserung.

Ein Vergleich mit praktisch ermittelten Werten [2] läßt erwarten, daß für Störungen durch Nachbarkanalsender eine Verbesserung von mindestens 15...20 dB mit den oben beschriebenen Änderungen ohne weiteres zu erwarten ist, wenn man den Durchschnittswert betrachtet.

Mit den angeschnittenen Problemen ist dieses Gebiet natürlich nicht erschöpfend behandelt. Zum Beispiel ergibt sich auch noch in Abhängigkeit vom Phasengang der ZF-Filter ein Übersprechen, das sich allerdings nur dynamisch ermitteln läßt. Diese Frage soll hier jedoch nicht untersucht werden.

Abschließend seien zwei geeignete Begrenzer kurz beschrieben. Die bei den Messungen verwendete Begrenzer-Röhre 6BN6 arbeitet nach folgendem Prinzip [4]: Ein Elektronenstrahl wird gebündelt und

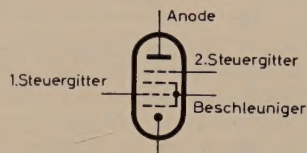


Bild 7. Schaltung der Begrenzer-Röhre 6BN6

beschleunigt (Bild 7). Die Elektronen fliegen weiter zur Anode, wenn das 2. Steuergitter eine Spannung von  $\geq 0$  hat. Wird das Steuergitter negativ ( $\approx -2 \text{ V}$ ), dann wird der Elektronenstrahl zur Beschleunigelektrode zurückgelenkt. Damit ergibt sich ein relativ scharfer Kennlinienknick, der zur Begrenzung bestens geeignet ist. In einem anderen Vorschlag [5] wird eine Elektronenstrahlröhre verwendet, bei der man die zu begrenzende Spannung an ein Ablenkplattenpaar legt (Bild 8). Der gebündelte Elektronenstrahl wird dann so abgelenkt,

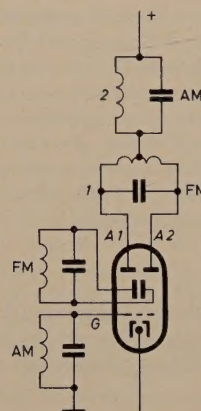


Bild 8. Verwendung einer Elektronenstrahlröhre wahlweise als Begrenzer oder als Verstärker

daß er bei positiver Spannung auf die Anode A1, bei negativer Spannung auf die Anode A2 trifft. Zwischen diesen beiden Anoden liegt der Schwingkreis, an dem die begrenzte Spannung abgenommen werden kann. Um die Röhre auch für die Verstärkung der amplitudenmodulierten (niedrigen) ZF ausnutzen zu können, läßt sich ein Steuergitter  $G$  verwenden, das die Intensität des Elektronenstrahls steuert. Die amplitudenmodulierte Spannung wird an dem Schwingkreis 2 abgenommen, der über den Schwingkreis 1 mit beiden Anoden verbunden ist, so daß es in diesem Fall gleichgültig ist, ob die Elektronen zur Anode A1 oder A2 fließen. Im Begrenzungsfall erfolgt die Ablenkung des Elektronenstrahls von einer Anode zur anderen so schnell, daß sich auch hier gute Begrenzungseigenschaften ergeben.

#### Schrifttum

- [1] Paulsen, E.: Einige Betrachtungen zum UKW-FM-Empfänger und zum UKW-FM-Stereo-Empfänger. Elektron. Rdsch. Bd. 14 (1960) Nr. 12, S. 505—508
- [2] Gramatke, B., Netzband, R., u. Paulsen, E.: Erforderliche HF-Störabstände bei modernen UKW-FM-Empfängern. Rundfunktech. Mitt. Bd. 2 (1958) S. 41—53
- [3] Strohschneider, W.: Schweizerischer Radioempfänger mit PTT UKW/FM-Qualitätszeichen. radio-tv-service (1960) Nr. 5/6, S. 139—143
- [4] Adler, R.: A gated beam tube. Electronics Bd. 23 (1950) S. 82. Referiert in Funk und Ton Bd. 4 (1950) S. 424—426
- [5] DGM 1819423, Aktzch. 8254/21 g Gm. „Anordnung für eine Elektronenstrahlröhre.“

(eingegangen am 28. November 1960)

# Zur dynamischen Eichung piezoelektrischer Meßsysteme

DK 621.3.082.73.089.6

Die übliche statische Eichung piezoelektrischer Meßsysteme setzt eine genügend hohe Zeitkonstante des Meßsystems einschließlich aller ihm parallelgeschalteten Kreise voraus. Im allgemeinen ist diese Voraussetzung nur bei Verwendung von Quarzkristallen erfüllbar. Bei allen anderen piezoelektrischen Körpern versucht man, eine dynamische Eichung anzuwenden. In der Arbeit wird gezeigt, wie man in vielen Fällen mit Hilfe eines einmaligen mechanischen Impulses unter Verwendung eines Stabsystems auch bei extrem kleinen Zeitkonstanten zum Ziel kommen kann.

## 1. Einleitung

Die Verwendung piezoelektrischer Meßsysteme zur Registrierung sehr schnell veränderlicher mechanischer Größen hat insbesondere bei der Druckmessung zu Meßwertwandlern immer kleinerer Abmessungen geführt. Es zeigte sich außerdem, daß nicht nur das Meßsystem, sondern auch seine Halterung und der Einbau in die Versuchsanordnung von Einfluß auf das Meßergebnis sind. Heute ist allgemein bekannt, daß selbst Quarzkristalle, deren Eigenschwingungszahl bei einigen Megahertz liegen kann, durch Belastung mit Druckübertragungsgliedern, zum Beispiel mit Stahlstempeln, oder durch Vorschalten von resonanzfähigen Gaskanälen für die Messung sehr schneller Druckänderungen unbrauchbar werden können. Das liegt aber nicht an den Quarzkristallen, sondern an der Kopplung mit Gebilden, die infolge ihrer Trägheit die günstigen Eigenschaften der Kristalle zunichte machen.

Mit der allgemeinen Entwicklung der Technik, insbesondere aber mit der Entwicklung der Flugtechnik in Richtung auf die Aeroballistik, sind die Anforderungen an die Meßtechnik weiter angestiegen. Flugtechnik und Ballistik sind praktisch zu einem einzigen Gebiet zusammengewachsen. Die Messung von Drucksprüngen in Stoßwellen zum Beispiel ist eine vordringliche Aufgabe geworden, die in Überschallkanälen, Stoßwellenrohren, Raketentriebwerken usw. zu lösen ist. Was für die Messung des Druckes gilt, trifft vielfach auch bei der Messung von Kräften und Beschleunigungen zu.

## 2. Piezoelektrische Meßsysteme

Die Zweckmäßigkeit möglichst kleiner Meßsysteme zur Messung schnell verlaufender Druckänderungen erkennt man aus der Bewegungsgleichung eines einfachen Schwingungssystems

$$m\ddot{x} + k\dot{x} + cx = P(t) \quad (1)$$

mit der Kreisfrequenz

$$\omega_k = \sqrt{\frac{c}{m} - \left(\frac{k}{2m}\right)^2} \quad (2)$$

Dabei ist  $P$  die erregende Kraft,  $x$  der Schwingweg,  $t$  die Zeit,  $m$  die bewegte Masse,  $k$  die Dämpfung und  $c$  die Steifigkeit des Systems.

Bei einem kleinen Meßsystem gelingt es im allgemeinen, die Masse  $m$  klein, die Steifigkeit  $c$  dagegen groß zu machen, so daß die Eigenschwingungszahl  $f_k$  ebenfalls groß wird, was für die verzerrungsfreie Wiedergabe schnellverlaufender Meßgrößen notwendig ist.

Leider hat ein solches „kleines“ System damit aber zwangsläufig den Nachteil geringer Empfindlichkeit. Bei den mechanisch-elektrischen Druckmeßverfahren wird stets eine mechanische Längenänderung oder eine ihr proportionale Größe auf elektrischem Wege gemessen. Der Meßeffect wird also mit steigendem  $c$ -Wert kleiner. Wo empfindliche Meßwertwandler verwendet werden müssen, wäre demnach ein System sehr hoher Eigenschwingungszahl ungünstig. In letzter Zeit sind Verfahren gefunden worden, die es gestatten, zusätzliche Energiespeicher durch die Meßgröße selbst derart zu steuern, daß die trägheitsbedingten Unvollkommenheiten auch verhältnismäßig niedrig

abgestimmter Meßwandler im Anzeigegerät ausgeglichen werden können [1]. Damit ist man in der Lage, noch sehr schnell ablaufende mechanische Vorgänge bei ausreichender Empfindlichkeit mit derartigen niedrig abgestimmten Systemen zu verfolgen.

Bei den piezoelektrischen Verfahren führten die bekannten Eigenschaften des Schwingungssystems bald zu dem Wunsch, an Stelle von Quarzkristallen einen piezoelektrischen Körper höherer Ladungsergiebigkeit zu verwenden, der also bei gleicher Belastung  $P$  eine größere elektrische Ladung  $Q$  ergibt. Das Seignettesalz und die neueren piezoelektrischen Keramiken sind derartige Körper höherer Ergiebigkeit. Hier zeigten sich jedoch andere Schwierigkeiten, die bei ungünstiger Konstruktion übrigens auch bei der Verwendung von Quarzkristallen auftreten können.

Leider ist die Ladungsergiebigkeit der piezoelektrischen Generatoren nämlich verhältnismäßig klein. Sie ist zum Beispiel bei einem einzelnen Quarzkristall in der meist verwendeten Schnittrichtung  $d_{11} = 2,3 \cdot 10^{-11}$  As/kp. Neuere piezoelektrische Keramiken ergeben zwar wesentlich mehr Ladung je Kilopond Belastung, trotzdem bleibt der absolute Betrag der Ladung sehr klein. Es kommt daher vor allem auf den Isolationszustand der piezoelektrischen Körper an, wenn man ein die Messung fälschendes Abfließen der kleinen elektrischen Ladungen verhindern will. Aus der Größe der parallel zu den piezoelektrischen, meist scheibenförmigen Körpern vorhandenen Kapazität  $C$  und dem Widerstand  $R$  einschließlich des Körperinnenwiderstandes ergibt sich die Zeitkonstante

$$\tau = RC, \quad (3)$$

die die Größe des Ladungsverlustes innerhalb einer Zeitspanne  $t$  bestimmt. Lädt der piezoelektrische Körper, zum Beispiel unter der Einwirkung einer plötzlich auftretenden konstanten Belastung  $P_0$ , die an ihm vorhandene Kapazität  $C$  mit der Ladung  $q_0$  zur Zeit  $t = 0$  auf die Spannung  $u_0$  auf, dann sinkt wegen des Abfließens der Ladung über den Isolationswiderstand  $R$  die Spannung

$$u_0 = \frac{q_0}{C} \quad (4)$$

nach dem Gesetz

$$u = u_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (4a)$$

ab. Mit Quarzkristallen erreicht man bei guter Konstruktion der Meßeinrichtung Zeitkonstanten bis zu Stunden und Tagen, so daß man nicht nur eine einwandfreie statische Eichung mit hoher Genauigkeit (Meßfehler etwa 0,1%) ausführen, sondern auch sehr langsame Druckänderungen messen kann.

Bei fast allen anderen piezoelektrischen Körpern jedoch ist schon der innere Widerstand des Körpers selbst so klein, daß auch bei bester Konstruktion der Meßeinrichtung keine ausreichenden Zeitkonstanten darstellbar sind. Damit wird aber eine statische Eichung unmöglich.

Man ist also gezwungen, ein dynamisches Eichverfahren anzuwenden. Unter Eichung versteht man dabei die Bestimmung der Konstante  $c$  in Gl. (1). Ist

$$P(t) = \text{const} = P_0, \quad (5)$$

dann wird nach Abklingen des Einschwingvorganges

$$\ddot{x} = \dot{x} = 0 \quad (6)$$

Für ein rein mechanisches System ergibt sich

$$P_0 = c \cdot x_0 \quad (7)$$

Die Eichung wird dann so ausgeführt, daß man das System mit der Kraft  $P_0$  belastet und die zugehörige Auslenkung  $x_0$  mißt. Dann ist

$$c = \frac{P_0}{x_0} \quad (8)$$

bekannt.

Bei einem piezoelektrischen System wird nicht die Federverformung  $x$ , sondern eine  $x$  proportionale Größe, die elektrische Ladung  $q$ , gemessen, entsprechend der Beziehung

$$P_0 = \frac{1}{d'} \cdot q_0 \quad (9)$$

Bei der statischen Eichung eines piezoelektrischen Systems bestimmt man also

$$d' = \frac{q_0}{P_0} \quad (10)$$

Diese Größe wird bei einer einzelnen Quarzscheibe im Fall des direkten longitudinalen Piezoeffektes als piezoelektrische Zahl  $d_{11}$  bezeichnet. Ihre Dimension ist [As/kp]. Die Messung von  $q_0$  erfolgt dabei über die an der Kapazität  $C$  vorhandene Spannung  $u_0$ . Zwischen  $c$  und  $d'$  besteht der Zusammenhang

$$c \cdot d' = \frac{q}{x} \quad (11)$$

Ist die Anzeige bei der Eichung durch Gl. (4) gegeben, dann wird der Fehler durch zu langsames Ablesen

$$F = \frac{u - u_0}{u_0} = e^{-\frac{t}{RC}} - 1, \quad (12)$$

wie Bild 1 für  $\tau = RC = 100$  s zeigt.

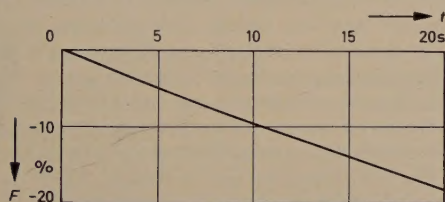


Bild 1. Eichfehler  $F$  bei der statischen Eichung eines Meßsystems aus piezoelektrischer Keramik in Abhängigkeit von der Ablesezeit

Zum Abschätzen der größtmöglichen Zeitkonstanten kann man bei Quarzkristallen mit einem Isolationswiderstand von etwa  $10^{14} \Omega$ , bei piezoelektrischer Keramik aber höchstens mit  $10^{11} \Omega$  rechnen. Hat man beispielsweise eine Kapazität von  $C = 10^{-9}$  F, dann ergeben sich

$$\begin{aligned} \text{für Quarzkristall} \quad \tau &\approx 10^5 \text{ s} \approx 27,8 \text{ Stunden,} \\ \text{für Keramik} \quad \tau &\approx 10^2 \text{ s} \approx 1/36 \text{ Stunde.} \end{aligned}$$

Ein möglichst genauer statischer Eichvorgang mit Ablesung eines Präzisions-Zeigerinstrumentes dauert etwa 10 s. Damit wird der Fehler

$$\begin{aligned} \text{bei Quarzkristall} \quad &-0,01\%, \\ \text{bei Keramik} \quad &-9,5\%. \end{aligned}$$

Während die statische Eichung bei Quarzkristallen völlig einwandfrei ist, wird sie bei piezoelektrischer Keramik meist unbrauchbar, weshalb eine dynamische Eichung notwendig wird.

### 3. Dynamische Eichverfahren

Eine dynamische Eichung kann unter anderem so ausgeführt werden, daß man an Stelle der konstanten Last  $P_0$  einen periodischen Belastungsverlauf, zum Beispiel nach Bild 2a, wählt. Notwendig ist dabei, daß die Zeit  $T'$  sehr klein gegen die Zeitkonstante  $\tau = RC$  bleibt. Es entsteht also die Aufgabe, eine mechanische Anordnung zu konstruieren, die einen genau bekannten Belastungsverlauf nach Bild 2a auf die zu eichende Meßeinrichtung zu geben erlaubt. Bei verhältnismäßig niedrigen Wechsel frequenzen gelingt die Eichung mit einem Drehschieber [2], der den Druckwandler abwechselnd an

einen ölfüllten Behälter bekannten und mittels eines Zeigermanometers genau meßbaren Innendruckes oder an die Atmosphäre legt. Notwendig ist ferner, daß während der Zeit  $T''$  der piezoelektrische Körper zwangsweise wieder auf das zur Zeit  $t = 0$  vorhandene Potential gebracht wird, Bild 2b. Andernfalls würde sich nämlich der wahre Verlauf der Ladung oder des Potentials nach Bild 2c ergeben. Die Darstellung in den Bildern 2b und 2c ist der Deutlichkeit wegen

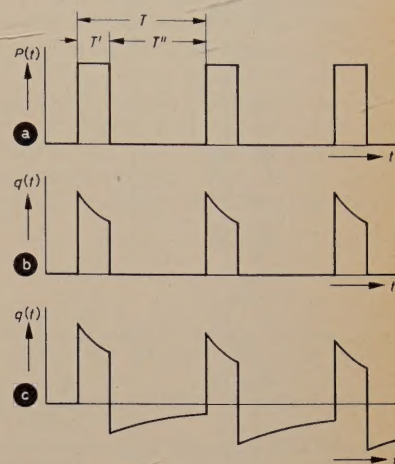


Bild 2. Dynamische Eichung eines piezoelektrischen Meßsystems geringen Isolationswiderstandes mit periodisch wechselnder Last  $P$ ; a) zeitliche Änderung von  $P$ , b) zeitliche Änderung der piezoelektrischen Ladung  $q$  bei zeitweiliger Erdung des Systems, c) wie b), jedoch bei nicht geerdetem System

übertrieben gewählt worden. Zusätzlich kann das Absinken des Kurvenzuges unter die Nulllinie nach Bild 2c zur Folge haben, daß der Verstärkereingang der Meßeinrichtung falsch angesteuert wird. Hierdurch können zusätzliche Eichfehler auftreten.

Bei sehr kleinen Zeitkonstanten werden schließlich die notwendigen Druckwechselfrequenzen der Eichvorrichtung sehr groß. Dann reichen periodisch arbeitende Konstruktionen oft nicht mehr aus, weil die für den periodischen Druckausgleich zwischen dem Zeigermanometer und dem zu eichenden piezoelektrischen Druckmeßwandler zur Verfügung stehende Zeit zu kurz wird. Dies liegt im wesentlichen an der mit begrenzter Geschwindigkeit vor sich gehenden Druckfortpflanzung im Öl und auch an der Notwendigkeit, durch unvermeidliche Ölverluste entstehende Leerräume erneut mit Drucköl auffüllen zu müssen. Es ist daher bei zu kleinen Zeitkonstanten oft zweckmäßig, an Stelle der periodischen Belastung einen einmaligen Druckänderungsvorgang bekannten Verlaufs für die dynamische Eichung zu verwenden. Zwar könnte man auch mit periodisch wechselndem Druck zu höheren Frequenzen kommen, wenn man die Bestimmung der Druckamplituden nicht durch ein Zeigermanometer, sondern durch eine für mittlere Frequenzen geeignete, aber noch statisch eichbare Druckmeßeinrichtung vornimmt. Wegen möglicher Resonanzerscheinungen bei periodischer Erregung eines Druckfeldes ist es jedoch meist schwierig, zwei Punkte stets gleichen Druckzustandes zu finden, an denen man die geeichte und die noch zu eichende Meßeinrichtung anbringen kann.

Bekannt sind Verfahren zur dynamischen Eichung von piezoelektrischen Meßsystemen mit Hilfe einmaliger Druckänderungen unter Verwendung von Stoßwellen in Gasen, deren Druckverlauf genauer Berechnung zugänglich ist. Auf diese bekannten, meist Stoßwellenrohre (shock tubes) benutzenden Verfahren soll hier aber nicht näher eingegangen werden.

### 4. Dynamische Eichverfahren mit Stabsystemen

Im folgenden wird gezeigt, wie man mit Hilfe von langen Stäben zu anderen dynamischen Eichverfahren gelangen kann, die sich an das bekannte Quarz-Aluminium-Stabmeßsystem anlehnen [3]. Stabsysteme bieten den Vorteil, daß man Störungen durch Eigenschwingungen in den meisten Fällen vermeiden kann.

Im Bild 3 sind in einem aus den drei Duralstangen  $a$ ,  $b$  und  $c$  bestehenden Stabsystem zwei unmittelbar übereinanderliegende piezoelektrische Meßsysteme  $d$  und  $e$  angeordnet. Auf die oberste Stange  $a$  wird über zwei kleine Zylinder  $h$  und  $i$  mittels eines Fallhammers oder auf andere Weise ein Stoß gegeben, der durch die Stangen hindurchläuft, am unteren Ende der untersten Stange  $c$  reflektiert wird und dann mit entgegengesetztem Vorzeichen als Entlastungsimpuls zum oberen Ende des Stabsystems zurückkehrt. Sämtliche Berührungs-

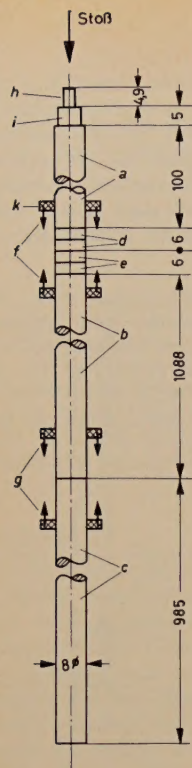


Bild 3. Stangensystem aus Dural mit zwei je 6 mm hohen piezoelektrischen Meßsystemen d und e aus Quarz

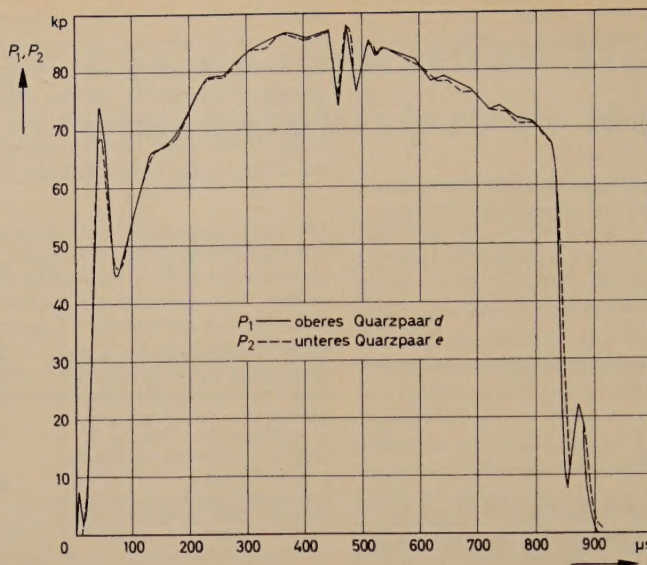


Bild 4. Registrierung der gleichen Welle mit zwei piezoelektrischen Meßeinrichtungen

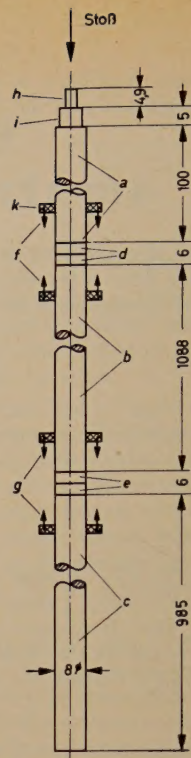


Bild 5. Stangensystem aus Stahl für das zweite Verfahren

flächen des Stangensystems sind optisch plan geschliffen und werden durch Gummifäden *f, g* aneinander gedrückt, so daß die Flächen satt aneinander anliegen (*k* sind Weichgummischeiben). Der oberste kleine Zylinder ist aus Weichkupfer. Er hat die Aufgabe, die Steilheit der Impulsstirn etwas zu vermindern.

Bei den im folgenden beschriebenen Versuchen bestanden die beiden piezoelektrischen Meßsysteme *d* und *e* aus je zwei Quarzscheiben [4]. Jedes System war statisch auf etwa 0,2% genau eichbar. An die beiden Meßsysteme waren gleichartig aufgebaute Gleichstromverstärker ausreichender Bandbreite mit Elektrometer-Eingangsstufen angeschlossen. Sie lenkten je einen Strahl eines Zweistrahloszillografen aus. Von einer Punktlicht-Glimmlampe wurde als dritter Leuchtpunkt eine Zeitmarke in die Trommelkamera des Oszillografen eingespiegelt. Einige Millisekunden vor der Registrierung des Impulses wurden beide Meßkanäle durch eine Vierstufen-Spannungstreppe automatisch geeicht. Mit Hilfe dieser Maßnahme konnten störende Veränderungen der elektronischen Apparatur aus dem Meßergebnis weitgehend ausgeschaltet werden. Die zeitliche Übereinstimmung der beiden Oszillogramme wurde dadurch festgelegt, daß wenige Millisekunden nach der Registrierung des Impulses zusätzlich auf beide Meßkanäle gemeinsam ein und derselbe Spannungsstoß gegeben wurde. Hierdurch wurden zeitliche Verfälschungen des Meßergebnisses ausgeschlossen [5].

Bild 4 zeigt das Ergebnis der Registrierung. Hierbei sind  $P_1$  und  $P_2$  die mit den piezoelektrischen Meßsystemen *d* beziehungsweise *e* gemessenen Kraftverläufe. Die beiden Oszillogrammkurven wurden punktweise mit Hilfe eines Komparators ausgewertet. Zur Auswertung jeder Kurve waren nötig:

- 1) die statische Eichung jedes der beiden piezoelektrischen Meßsysteme,
- 2) die genaue Messung der vier Spannungsstufen für die Auswertung jeder Treppenkurve,
- 3) die Koordinatenbestimmung der Punkte beider Kurven einschließlich der zugehörigen Treppenkurven mit dem Komparator.

Berücksichtigt man alle diese Umstände, dann muß man die Übereinstimmung der beiden Registrierungen des gleichen Impulses im Bild 4 als außerordentlich gut bezeichnen. Der Laufzeitunterschied zwischen beiden Systemen ist so klein, daß man ihn in dem Maßstab des Bildes 4 vernachlässigen kann. Er ist

$$\Delta t_L = \frac{l}{v} = \frac{0,6 \text{ cm}}{5000 \cdot 10^3 \text{ cm/s}} = 1,2 \text{ µs.}$$

Bisher wurden zur Vermeidung von Reflexionen im Stangensystem Stangen aus Aluminiumlegierungen verwendet. Bei dem folgenden Versuch dagegen bestanden die Stangen aus üblichem Kohlenstoff-

stahl. Bild 5 zeigt die Versuchsanordnung [4]. Die beiden piezoelektrischen Meßsysteme *d* und *e* aus Quarzkristallen liegen jetzt an verschiedenen Stellen des Stangensystems. Die Impulsausbreitung im Stangensystem und die Form der zu erwartenden Oszillogramme wird an Hand von Bild 6 kurz erläutert. Zur Zeit  $t = 0$  läuft der zum Beispiel von einem Fallhammer herrührende Impuls in das obere Ende der mittleren 1088 mm langen Stahlstange *b* ein. Nach  $t_{L1}$  Sekunden kommt er bei dem zwischen den beiden Stangen *b* und *c* angeordneten unteren Meßsystem *e* an. In diesem Zeitpunkt beginnt die Kurve *b*. An den Trennfugen wird ein kleiner Energiebetrag reflektiert, der nach  $2 t_{L1}$  Sekunden wieder zum oberen Meßsystem *d* zurückkehrt, Kurve *a*. Der Hauptbetrag der Welle ist inzwischen in der untersten, 985 mm langen Stange *c* weitergelaufen und trifft nach  $t_{L1} + t_{L2}$  Sekunden am Ende der untersten Stange *c* ein. Dieses Ereignis wird nicht registriert, da hier kein drittes Meßsystem vorhanden ist. Gleichzeitig erfolgt hier die Reflexion am untersten Ende des Stangensystems mit umgekehrtem Vorzeichen, so daß die reflektierte Welle beim Eintreffen am unteren Meßsystem *e* im Zeitpunkt  $t_{L1} + 2 t_{L2}$  der Kurve *b* den Kurvenzug rasch gegen null abzusenken beginnt. Kommt die reflektierte Welle nach insgesamt  $2 (t_{L1} + t_{L2})$  Sekunden schließlich zum oberen Meßsystem *d* zurück (Kurve *a*), dann wird auch hier der ursprüngliche Kurvenzug abgesenkt. Kurz darauf trennen sich Hammer und Stangensystem. Diese Trennung bewirkt, daß die Summe von einlaufender und reflektierter Welle schneller absinkt, als es dem Anstieg bei  $t_{L1}$  beziehungsweise 0 entspricht.

Das Meßergebnis bei dieser Versuchsanordnung zeigt Bild 7. Verschiebt man die Kurve *a* um die Laufzeit  $t_{L1}$  nach rechts bis zur Deckung mit der Kurve *b*, dann wird man feststellen, daß sich beide Kurven bis zur beginnenden Absenkung der Kurve *b*, Zeitpunkt  $t_{L1} + 2 t_{L2}$ , praktisch völlig decken. Der Wellenzug erzeugt demnach im zweiten Meßsystem bis zu diesem Zeitpunkt denselben Kurvenverlauf wie im ersten Meßsystem.

Es ist also möglich, mit Hilfe der beiden beschriebenen Versuchseinrichtungen das eine der beiden Meßsysteme mit dem anderen zu

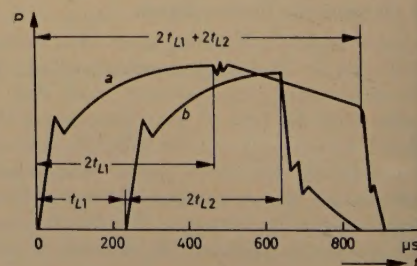


Bild 6. Zeitlicher Verlauf der Wellenfortpflanzung in dem Stabsystem nach Bild 5 (schematisch, Erklärung im Text)

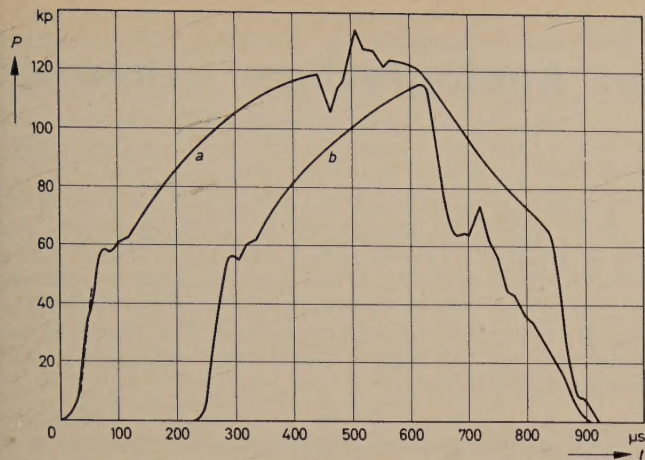


Bild 7. Registrierungen der das Stabsystem nach Bild 5 durchlaufenden Welle durch die Meßsysteme d (Kurve a) und e (Kurve b)

wertwandler zur Eichung in ein Stangensystem einzubauen, wodurch weitere Überlegungen überflüssig werden. Bei anderen Konstruktionen wird gegebenenfalls eine rechnerische Berücksichtigung möglich sein.

Obwohl die Eichung hier also mit einem dynamischen Verfahren durchgeführt wird, ist noch nichts über die dynamischen Eigenschaften des Meßwertwandlers ausgesagt. Bisher wurde ja nur die Steifigkeit  $c$  bestimmt. Durch den Einbau des Meßsystems in einen Meßwertwandler kommen meistens zusätzliche Massen und Dämpfungen hinzu, die die Eigenschwingungszahlen des Wandlers bestimmen. Die genaue Ermittlung der durch Masse, Dämpfung und Steifigkeit gegebenen Frequenzkurve der piezoelektrischen Meßwertwandler ist bereits früher eingehend beschrieben worden [6, 3]. Auf eine Wiederholung kann hier daher verzichtet werden. Sind Eichkonstante und Resonanzkurve eines Meßwertwandlers bekannt, dann ist der Zusammenhang zwischen Anzeige und Meßgröße stets eindeutig bestimmt.

#### Schrifttum

- [1] Liu, F. F., u. Berwin, T. W.: Extending transducer transient response by electronic compensation for high-speed physical measurements. Rev. Sci. Instr. Bd. 29 (1958) S. 14—22
- [2] Hermann, P., u. Stiefelmeyer, G.: Beitrag zur elektrischen Messung von Druckvorgängen. Elektronik Bd. 5 (1956) S. 94—99
- [3] ● Gohlke, W.: Einführung in die piezoelektrische Meßtechnik. 2. Aufl. Leipzig 1959, Akadem. Verlagsges. Geest & Portig
- [4] Gohlke, W.: Zur Abhängigkeit des Elastizitätsmoduls von der Verformungsgeschwindigkeit. VDI-Z. Bd. 102 (1960) S. 516—522
- [5] Gohlke, W.: Elektronische Bestimmung dynamischer Spannungs-Dehnungskurven bei sehr schneller Stauchung. VDI-Z. Bd. 99 (1957) S. 579—586
- [6] Gohlke, W.: Schwingungseigenschaften von Quarzdruckmeßgeräten. VDI-Forschungs-Heft 407. Berlin 1941, VDI-Verlag

(eingegangen am 3. November 1960)

## Deutsche Rundfunk-, Fernseh- und Phono-Ausstellung Berlin 1961

Ende August, Anfang September ist unter dem Funkturm auf dem Berliner Ausstellungsgelände die alle zwei Jahre abgehaltene Fachausstellung der Rundfunk-, Fernseh-, Phono- und Zubehörrbranche geöffnet.

Vom 25. August bis zum 3. September wird die Deutsche Rundfunk-, Fernseh- und Phono-Ausstellung Berlin 1961, diese repräsentative und traditionsreiche Schau der Rundfunkbranche, die 22. ihrer Art, nach 22 Jahren erstmalig wieder in Berlin zu sehen sein — auf der gleichen Stelle, auf der sie von 1924 bis 1939 ihren Platz hatte. Das in den Jahren nach dem Krieg völlig modernisierte Berliner Ausstellungsgelände umfaßt heute 20 Hallen oder Hallenabschnitte (ohne die Verbindungshallen) und 10 Pavillons, damit eine überdachte Ausstellungsfläche von 63 000 m<sup>2</sup> sowie ein Freigelände von 125 000 m<sup>2</sup>.

In einem Geleitwort zu der täglich von 10 bis 22 Uhr geöffneten Ausstellung sagt Konsul Bruno Piper, Vorsitzender der Fachabteilung Rundfunk und Fernsehen im ZVEI, u. a.: „Die Deutsche Rundfunk-, Fernseh- und Phono-Ausstellung hat eine jahrzehntelange Tradition und ist inzwischen zu einem festen Begriff in der Öffentlichkeit geworden. Ein begeistertes Publikum erlebte hier jedesmal von neuem die Faszination der elektronischen Technik. Nach dem sich schnell entwickelnden Rundfunk und den vielseitigen Schallaufzeichnungsverfahren kam Anfang der dreißiger Jahre zum ersten Male das Wunder des Fernsehens dazu. Diese drei Unterhaltungsmedien sind heute wichtige Faktoren der deutschen Elektrowirtschaft.“

Rundfunkempfangsgeräte sowie -sendeanlagen, Fernsehempfangsgeräte sowie -sendeanlagen, elektroakustische Geräte, Röhren, Schallplatten, andere Tonträger und Zubehör, Phono- und Tonbandgeräte sowie Zubehör, Empfangsantennen, Bauelemente für Rundfunk und Fernsehen, Rundfunk- und Fernsehzubehör sowie Fachliteratur — das sind die Hauptgruppen des Ausstellungsgutes. Rund 160 Firmen haben Stände, Hallen oder Pavillons belegt.

Wenn auch als handelsübliche Neuheitentermine die Deutsche Industrie-Messe Hannover (für Fernsehempfänger) und der 1. Juli (für Rundfunkempfänger) gelten, so ist die Funkausstellung doch alle zwei Jahre immer eine willkommene Gelegenheit für Aussteller und Betrachter, das Angebot der neuen Saison erstmalig zusammen zu präsentieren beziehungsweise zu vergleichen.

Neben Firmen, die ihre Produktion anbieten, haben sich auch Sender, Behörden, Institutionen und Verbände in den Dienst der Ausstellung

gestellt. So gibt es in ihrem Rahmen zu sehen: eine funkhistorische Schau, eine Musterwerkstatt für Rundfunk- und Fernsehtechnik, Demonstrationen des Polizei- und des Rotkreuz-Funks, einen Stand des Deutschen Amateur-Radio-Clubs (DARC) und vieles andere mehr. Eine Amateurfunkstelle mit dem Sonderrufzeichen DL Ø BN wickelt vor den Augen und Ohren der Besucher Funkverbindungen ab. Für die Dauer der Ausstellung hat man ein reichhaltiges Rahmenprogramm aufgestellt, das mit dazu beitragen dürfte, den Publizitätserfolg der Schau zu sichern. Fast alle Sendeanstalten der Bundesrepublik beteiligen sich an der Durchführung von unterhaltenden Großveranstaltungen in der Deutschlandhalle, die für die Dauer der Schau zum Ausstellungsgelände gehört. In einer Ausstellungshalle wird ein Sendestudiobetrieb aufgezogen. Vorwiegend im Sommergarten des Geländes finden rund 100 musikalische, artistische, turnerische, tänzerische und andere Veranstaltungen statt, die von insgesamt rund 1500 Mitwirkenden dargeboten werden. Die Schallplattenindustrie bietet in ihrer Halle die größte in Deutschland dagewesene Schallplattenschau. Gesellschaftliche Mittelpunkte sind für eine Funkballnacht die baulich interessante Berliner Kongreßhalle im Tiergarten und täglich mit Tanztees oder -abenden sowie Modenschauen das gepflegte „Palais“ am Funkturm. Die Besucher der Ausstellung (Messeausweis 6 DM, einmaliger Eintritt für Erwachsene 2 DM, Ausstellungskatalog 2,50 DM) können sich an einem Quiz beteiligen, für dessen Gewinner die Industrie Preise im Gesamtwert von 100 000 DM zur Verfügung stellte.

Mr.

### ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU

auf der

Deutschen Rundfunk-, Fernseh- und Phono-Ausstellung Berlin 1961

Halle I West, Stand 8

Wir würden uns freuen, Sie begrüßen zu können

VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH  
Berlin-Borsigwalde

Eigenschaften und technische Besonderheiten des Analogrechners Typ „Unimar“ werden beschrieben. Das Gerät hat mittleren Umfang und u.a. 42 lineare und 20 nichtlineare Rechenbausteine sowie 2 Totzeitmodelle. Der Entwicklungs- und Fertigungsbetrieb ist das Institut für Regelungstechnik (VEB WTBG) Berlin. Das erste Muster „Unimar I“ ist seit Mitte 1959 in der dortigen Rechenstation in Betrieb.

Seit mehreren Jahren wird im Institut für Regelungstechnik an der Entwicklung elektronischer Modellregelkreise, Analogrechner und Simulatoren gearbeitet, und solche Geräte werden auch in Einzelanfertigung hergestellt. Im Frühjahr 1957 konnte auf der Technischen Messe in Leipzig ein einfacher Modellregelkreis gezeigt werden. Inzwischen hat sich für Analogrechner mittleren Umfangs eine Art Standardtyp herausgebildet. Das erste Muster dieser Art, der Typ „Unimar I“, konnte 1959 auf der Technischen Messe in Leipzig gezeigt werden. Es dient seit dieser Zeit als Arbeitsgerät in der Analogrechenstation des Instituts für Regelungstechnik, in der auch Kundenaufträge bearbeitet werden.

Bei der Entwicklung des „Unimar“ (Universeller Modellregelkreis und Analogrechner) wurden zum Teil von den üblichen Analogrechnern abweichende Wege beschritten und einige vom technischen Standpunkt interessante Schaltungen aufgebaut, auf die näher eingegangen werden soll. Zunächst jedoch sollen kurz zusammenfassende Angaben über das Gesamtgerät gemacht werden.

Der „Unimar“ ist ein Analogrechner mittleren Umfangs. Er besteht in der Normalausführung aus fünf Gestellen und kann bei einem Schaltfeld und einem Kontrollgerät mit maximal 66 Verstärkern bestückt werden.

Der Arbeitsgeschwindigkeit nach gehört das Gerät zur Klasse der Langzeitrechner und hat deshalb zerhackterstabilisierte Gleichspannungsverstärker. Die Dauer eines Rechenvorganges ist weitgehend variierbar und liegt normalerweise zwischen 0,1 und 100 s. Sie kann gegebenenfalls auch auf beliebige Zeiten ausgedehnt werden. Es besteht ebenfalls die Möglichkeit, repetierend (< 10 Hz) zu arbeiten.

Die Genauigkeit des Gerätes steht in sinnvollem Einklang mit dem Aufgabengebiet eines Analogrechners, das ja hauptsächlich in der Lösung mathematisch formulierter technischer Probleme liegt. Sie ist daher nicht übermäßig hoch getrieben; der Fehler ist weniger als 1% für jeden Rechenbaustein, und zwar in einem Dynamikbereich von 100:1 bei den linearen und in einem kleineren Dynamikbereich zwischen 10:1 und 1:1 bei den nichtlinearen Elementen. Die maximale Ausgangsspannung ist  $\pm 50$  V.

Der „Unimar“ ist durchweg mit Elektronenröhren bestückt, da diese bis auf den Nachteil der höheren Wärmeentwicklung und des etwas größeren Raumbedarfs (den weitaus größten Platz nehmen nicht sie, sondern die Rechenwiderstände und -kondensatoren, Potentiometer und Schalter ein) Vorteile hinsichtlich des Aussteuerbereiches und damit der Genauigkeit, der geringeren Drift und der einfacheren Beherrschung der Schaltungen infolge der weitgehenden Rückwirkungsfreiheit aufweisen.

Ein wesentlicher Gesichtspunkt für die konstruktive Gestaltung ist die Zentralisierung zwecks Erreichung besserer Übersichtlichkeit und Austauschbarkeit. Im mittleren Gestell (Bild 1) befinden sich beispielsweise alle Anzeige- und Überwachungsgeräte (Übersteuerungs-

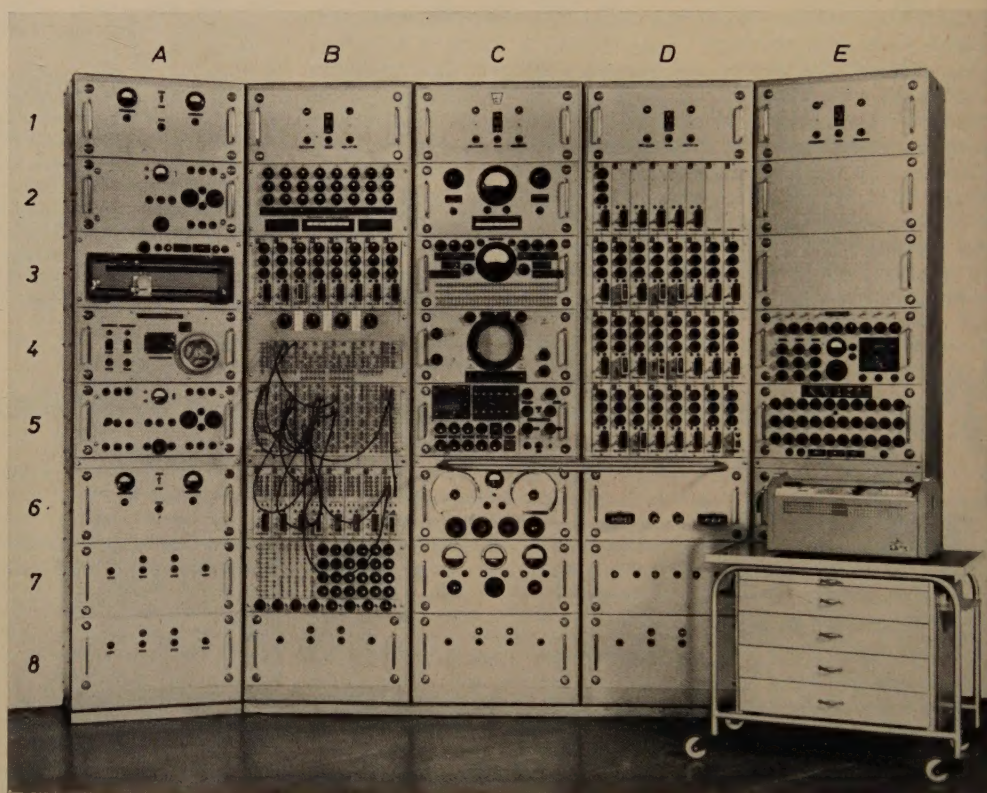


Bild 1. Elektronischer Analogrechner „Unimar“

	A	B	C	D	E
1	Stromversorgung				
2	Steuerteil 1	rückwirkende Verzögerung	Regelgüte-Meßgerät	Nichtlinearitäten	—
3	Laufwerk 1	Rechenverstärker	Kontrollgerät	Rechenverstärker	—
4	Laufwerk 2	Schaltfeld	Sichtgerät	Rechenverstärker	universelle stetige Nichtlinearität
5	Steuerteil 2	Schaltfeld	Steuergerät	Rechenverstärker	universelle unstetige Nichtlinearität
6	Stromversorgung	Summierverstärker	Sinusgenerator	—	Stromversorgung
7	Stromversorgung	Potentiometerfeld	Stromversorgung	Stromversorgung	Stromversorgung
8	Stromversorgung	Stromversorgung	Stromversorgung	Stromversorgung	Stromversorgung

Warneinrichtung) sowie Bedienungshebel. Ebenfalls zentral auf einem Schaltfeld werden die nach dem Programmbild erforderlichen Verbindungen der einzelnen Rechenbausteine untereinander vorgenommen.

Ein weiterer wesentlicher Gesichtspunkt entsprang dem Wunsch, ein sowohl für Modelluntersuchungen als auch für die Lösung von Differentialgleichungen in demselben Maße geeignetes Gerät zu besitzen. Erfahrungsgemäß ist ein großer Teil von Rechenaufgaben in einer

Rechenstation regelungstechnischer Art und läßt sich meist viel günstiger modellmäßig bearbeiten. Die bekanntgewordenen Analogrechnerarten sind aber ausnahmslos nur für einen der beiden Aufgabentypen geeignet. Im „Unimar“ werden erstmalig beide Möglichkeiten gleichgünstig offengehalten: Jeder Rechenverstärker kann einerseits als in sich abgeschlossener Baustein betrieben werden, wie es der Blockdarstellung der Regelungstechnik entspricht. Er hat einen veränderbaren Parameter (Verstärkungsgrad oder Zeitkonstante) und sogenannte Betriebsartenstecker, mit denen ihm P-, I-, V-, D- sowie auch PI-, PD- und DV-Verhalten erteilt werden kann. Andererseits ist auf dem Schaltfeld eine genügende Anzahl bewerteter Eingänge angebracht, und in Potentiometerfeldern sind zusätzliche Koeffizienten vorhanden, um die Lösung von Aufgaben auch aus dem Bereich der Differentialgleichungen günstig vornehmen zu können. Die Bestückung des „Unimar II“, die etwas umfangreicher als beim „Unimar I“ ist, sei im folgenden angegeben:

- 32 universelle zerhackerstabilisierte Rechenverstärker in Kleinschüben mit Betriebsartensteckern P, I, V, D, PI, PD, DV, (Bild 2),
- 8 zerhackerstabilisierte Summierverstärker zur Vorzeichenumkehr,
- 2 Potentiometerfelder mit 16 umschaltbaren und 24 steckbaren Koeffizienten,
- 12 Kleinschübe zur Erzeugung nichtlinearer unstetiger Kennlinien, wahlweise Ansprechempfindlichkeit, Begrenzung, Hysteresis,
- 1 universelle unstetige Nichtlinearität mit 10 variierbaren Parametern,
- 2 stetige Nichtlinearitäten zur Darstellung beliebiger, auch achsensymmetrischer Kennlinienverläufe durch Annäherung mit je 9 Geradenabschnitten (vorgespante Dioden als Umschalter),
- 2 Quadratoren (auf Diodenbasis),
- 4 Multiplikatoren, Fehler  $< 1\%$  vom Endwert,
- 2 Multiplikatoren, Fehler  $< 0,1\%$  vom Endwert,
- 1 Baustein mit rückwirkend hintereinandergeschalteten Verzögerungsgliedern 1. bis 8. Ordnung,
- 2 Totzeitmodelle auf Magnetbandprinzip zur Nachbildung echter Totzeiten von 0,1...1 s und 0,1...10 s,
- 1 Steuergerät zur Steuerung der Rechen- und Prüfvorgänge, eingebauter Kipp-, Rechteckwellen- und Rampenfunktionsgenerator,
- 1 Sinusgenerator 0,1...1000 Hz,
- 1 Normalspannungs-Kleinschub für verschiedene feste Spannungen, niederohmig,
- 1 Kontrollgerät mit Millivoltmeter zur Messung von Nullpunkt- und Gitterstromfehlern der Verstärker sowie einer Übersteuerungs-Warneinrichtung mit Glühlampen,
- 1 Gleichspannungs-Sichtgerät mit Nachleuchtröhre für zwei Kurven gleichzeitig,
- 1 Regelgüte-Meßgerät mit Anzeige der linearen und quadratischen Regelflächen  $\int x \cdot dt$ ,  $\int x^2 dt$ , der linearen Regelfläche vom Absolutbetrag der Regelabweichung  $\int |x| dt$ , des Spitzen- und des Endwertes  $\hat{x}$ ,  $x_{\text{end}}$ ,
- 6 elektronisch stabilisierte Netzteile.

### 1. Die universellen Rechenverstärker

Die universellen Rechenverstärker sind in Kleinschüben untergebracht (Bild 2). Zu einem solchen Baustein gehören der Gleichspannungsverstärker, die mit drei Stufenschaltern einstellbaren drei Doppeldekaden-Rechenwiderstände, drei umschaltbare Rechenkondensatoren (0,1, 1 und 10  $\mu\text{F}$ ) und aufsteckbare Betriebsartenstecker.

Der Gleichspannungsverstärker ist zerhackerstabilisiert und besteht aus einem Gleichspannungs-Hauptverstärker, einem Wechselspannungs-Hilfsverstärker mit mechanischem Zerhacker und Gleichrichter sowie einem Siebglied. Ihre Zusammenschaltung in einer Brückenordnung zeigt Bild 3.

Die durch den Verstärkungsgrad  $V_{\text{H}}$  des Hauptverstärkers geteilte Ausgangsspannung  $u_a$  (Spannungsteiler  $k$ ) wird mit der Eingangsspannung verglichen. Bei einer auftretenden Differenzspannung wird diese durch den Zerhacker in eine Wechselspannung umgeformt,

nachfolgend verstärkt, phasenrichtig gleichgerichtet, gesiebt und als Hilfsspannung  $u_h$  dem Hauptverstärker so zugeführt, daß sich im Resultat die aufgetretene Differenzspannung kompensiert.

Es werden mit dieser Schaltung automatisch alle Nullpunktfehler (durch Drift, Schwankungen der Heiz- und Speisespannungen und

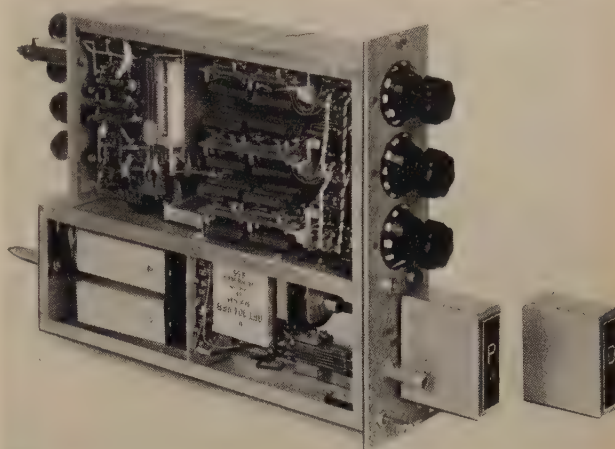


Bild 2. Universeller Rechenverstärker mit zwei Betriebsartensteckern

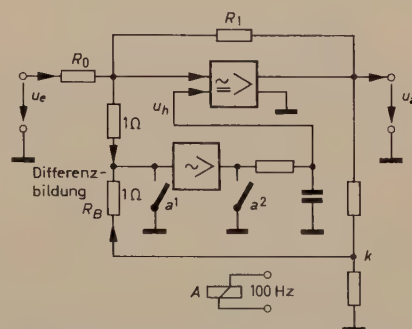


Bild 3. Prinzipschaltung des Rechenverstärkers

durch Verändern der Werte von Widerständen infolge Erwärmung und Alterung) praktisch zu Null gemacht. Die maximale Abweichung, auf den Eingang bezogen, ist etwa 100  $\mu\text{V}$  in 8 Stunden. Eine weitere Fehlerspannung von ebenfalls etwa 100  $\mu\text{V}$  entsteht infolge des Gitterstroms der Eingangsstufe durch den maximalen Eingangswiderstand von 1 M $\Omega$ . Die Brummspannung ist etwa 50  $\mu\text{V}_{\text{eff}}$ . Diese Fehlerspannungen zusammen liegen bei allen P-Einstellungen und während der zulässigen Integrationszeit noch unter dem geforderten Störabstand von  $10^4$  (1% Fehler innerhalb eines Dynamikbereiches von 100:1). Der Verstärkungsgrad des Hauptverstärkers ist bei den Bausteinen des „Unimar I“ etwa 1300, der des Hilfsverstärkers etwa 1000. Dadurch, daß das Spannungsteilverhältnis  $k$  nicht gleich  $1/V_{\text{H}}$ , sondern gleich  $10^4$  gewählt wurde, ist die Gesamtverstärkung für Gleichspannung und niedrige Frequenzen etwa 10000, für hohe Frequenzen 1300.

Das verwendete Prinzip der Brückenschaltung für die automatische Nullpunkt Korrektur ist allgemein weniger verbreitet, hat sich jedoch gut bewährt. Vorteilhaft ist, daß der Verstärker auch ohne Gegenkopplungswiderstände  $R_1$  und  $R_0$  stabil betrieben werden kann, wobei für niedrige Frequenzen eine sehr starke Gegenkopplung und Kennlinienlinearisierung über den Hilfsverstärker wirksam ist und der Verstärkungsgrad genau dem Spannungsteilverhältnis  $1/k$  entspricht. Durch einpoliges Abtrennen des Widerstandes  $R_B$  kann man die Schaltung übrigens einfach in die Art der Zusammenschaltung überführen, die in der Analogrechentechnik gebräuchlicher ist.

Die Betriebsartenstecker sind eine Art kleine fest verdrahtete Schaltfelder, mit denen die im Verstärkereinschub untergebrachten Rechen-

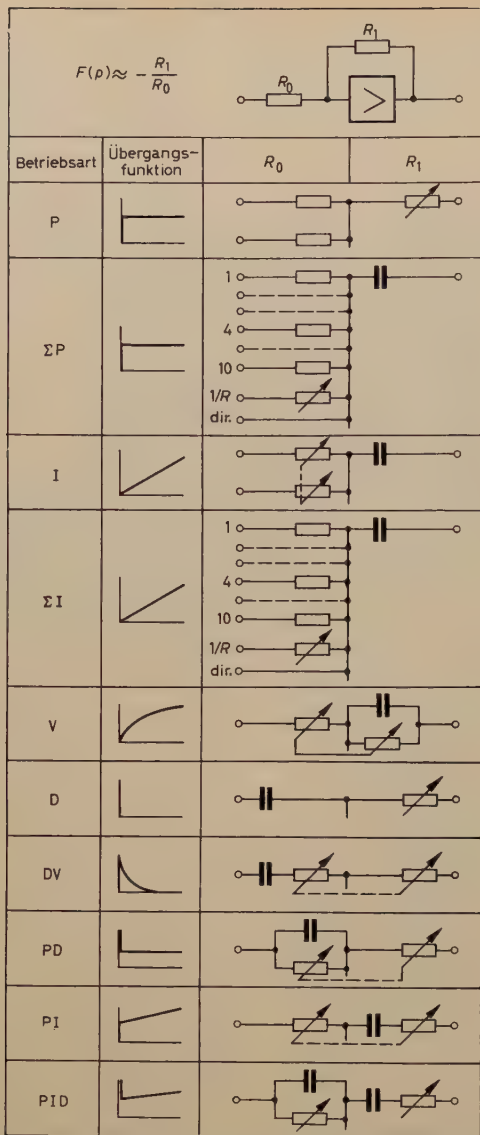


Bild 4. Betriebsarten, die sich durch Aufstecken eines Betriebsartensteckers auf einen universellen Rechenverstärker einstellen lassen

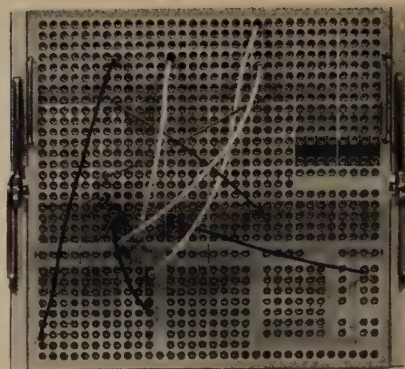
widerstände und -kondensatoren in verschiedener Weise miteinander und mit den Verstärkereingangs- und -ausgängen verbunden werden. Mit jedem Rechenverstärker lassen sich die im Bild 4 dargestellten Betriebsarten erzeugen. Veränderbar ist stets nur ein Parameter (Verstärkungsgrad oder Zeitkonstante). Im Falle des PID-Steckers benötigt man deshalb zusätzliche  $R$ - und  $C$ -Dekaden. Die Rechenwiderstände und -kondensatoren des „Unimar I“ haben eine Toleranz von 0,5%.

## 2. Schaltfeld mit auswechselbaren Vorsätzen

Der Vorteil zentraler Schaltfelder (Bild 5) besteht nicht nur darin, daß sie eine größere Übersichtlichkeit gewährleisten, sondern man kann auch Rechenprogramme auf auswechselbaren Vorsätzen (pre-setting panel) stecken und bis zur Wiederbenutzung aufheben. Dadurch werden Fehlermöglichkeiten verringert, Fehlergebnisse und Verlustzeiten vermieden.

Auf das Schaltfeld führen Zuleitungen der Verstärker, Widerstandsdekaden, Anfangsbedingungen, Auswertegeräte usw. Neben den Verstärkereingängen 1, 1, 4, 4, 10 sind im „Unimar“ auch die Direkt-eingänge der Verstärker sowie einpolig die Zuleitungen der in den Verstärkereinschüben untergebrachten Widerstandsdekaden auf das Schaltfeld geführt. Letztere werden bei modellmäßiger Programmierung unter Verwendung nur der Betriebsartenstecker P, I, V, PI, PD, DV entsprechend als Eingang 1 und 2 benutzt. Allerdings kann der Eingang 2 nur bei P und I unabhängig vom Eingang 1 verwendet werden.

Bild 5. Schaltfeld mit auswechselbaren Vorsätzen



## 3. Potentiometerfelder

Die Potentiometerfelder (Bild 6) haben, wiederum mit drei oder vier Stufenschaltern einstellbar, je 16 variable Koeffizienten, die zu gleichen Teilen als Vorwiderstände  $VW$  und als Spannungsteiler  $TW$  ausgebildet sind, daneben für 24 während eines Programms nicht zu variierende Koeffizienten je drei Buchsen, in die Steckwiderstände als Vorwiderstände oder Spannungsteiler eingeschoben werden können.

Die Verwendung von Vorwiderständen  $VW$  ist allgemein nicht üblich, weil man die erforderlichen hohen Widerstandswerte (hier bis zu 10 M $\Omega$ ) mit Wendepotentiometern nicht beherrscht. Dennoch bietet diese Methode Vorteile, da die Benutzung einer Korrekturtabelle, wie im Falle der Anwendung von Spannungsteilern, die durch Eingangswiderstände der Verstärker unterschiedlich belastet werden, entfällt. Auch wird die vom Programmierungsstandpunkt ungünstigere Spannungsteilung mit wieder nachfolgender Verstärkung vermieden. Da im „Unimar I“ keine Wendepotentiometer, sondern dekadische, stufenweise einstellbare Rechenwiderstände und Steckwiderstände Verwendung finden, wurde von der Methode, Vorwiderstände als Koeffizienten zu benutzen, Gebrauch gemacht. Der Einstellwert eines Vorwiderstandes ist gleich dem Kehrwert des gewünschten Koeffizienten. Bei dieser Methode ist man allerdings gezwungen,

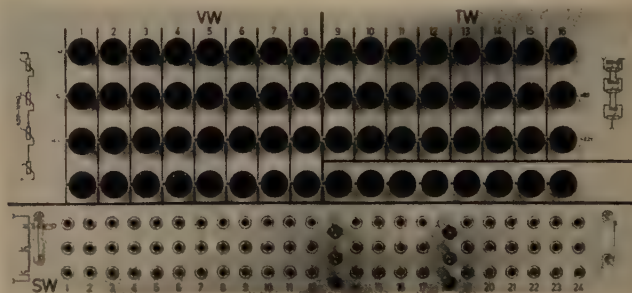


Bild 6. Potentiometerfeld

wegen der Hochohmigkeit und der Gefahr von Einstreuungen abgeschirmte Leitungen sowohl bei der Verkabelung als auch für das Programm auf dem Schaltfeld zu benutzen.

Für die in den Rechenaufgaben meist in größerer Stückzahl auftretenden nicht zu variierenden Koeffizienten werden im Bedarfsfalle Steckwiderstände verwendet. Diese Methode ist raumsparend und billiger. In den Potentiometerfeldern sind noch je acht Potentiometer zur Einstellung der Anfangsbedingungen untergebracht.

Die sogenannten unstetigen Nichtlinearitäten in Kleinschubform ermöglichen wahlweise die Erzeugung einer der im Bild 7 dargestellten



Bild 7. Begrenzerspannung, Ansprechempfindlichkeit ohne und mit Hysterese

Kurven, wobei ein Parameter veränderbar ist (in der angegebenen Reihenfolge Begrenzerspannung, Ansprechempfindlichkeit ohne und mit Hysterese). Die Steilheit der geneigten Geraden ist stets  $-45^\circ$ . Einige Einschübe mit zwei Parametern erlauben auch eine achsensymmetrische Einstellung der Werte.

Multiplikatoren mit einem Fehler von weniger als 1% vom Endwert nach der weitverbreiteten Viertelquadratmethode haben zur Annäherung der quadratischen Kennlinien Geradenabschnitte, die mittels Dioden zugeschaltet werden. Genauere Multiplikatoren mit höchstens 0,1% Fehler vom Endwert nach der sogenannten time-division-Methode (Rechteck- oder Dreieckimpulse) sind in Entwicklung.

#### 4. Totzeitmodelle

Die Totzeitmodelle arbeiten auf dem Magnetbandprinzip. Es stehen zwei Laufwerke mit endlosem Band zur Verfügung. Das erste, kleinere Gerät (Bild 8) gestattet bei einer Bandgeschwindigkeit von 76 cm/s das Einstellen von Totzeiten zwischen 0,1 und 1 s, das zweite, größere (Bilder 9 und 10) solche zwischen 0,1 und 10 s. Der mechanische Auf-

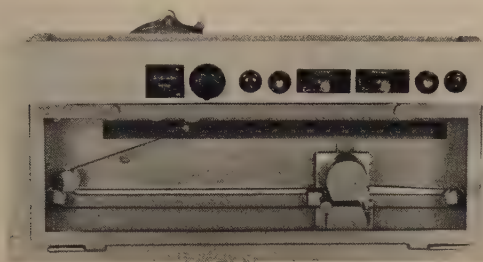


Bild 8. Totzeitmodell-Laufwerk 0,1...1 s

wand ist bei letzterem nicht gering. Mit einem weiteren Laufwerk für einen Kesselsimulator lassen sich Totzeiten zwischen 10 und 600 s erreichen. Dieses Gerät arbeitet nach dem im Bild 11 gezeigten Prinzip. Ein Magnetband gleitet während der halben gewünschten Totzeit in Vorlaufrichtung zuerst am Wiedergabekopf *HK 1* vorbei, wobei die vor der Totzeit  $T_T$  mit dem Aufsprechkopf *SK 1* aufgezeichneten Signale zurückgewonnen werden. Dann wird das Band mit dem



Bild 9. Totzeitmodell-Laufwerk 0,1...10 s, Vorderansicht

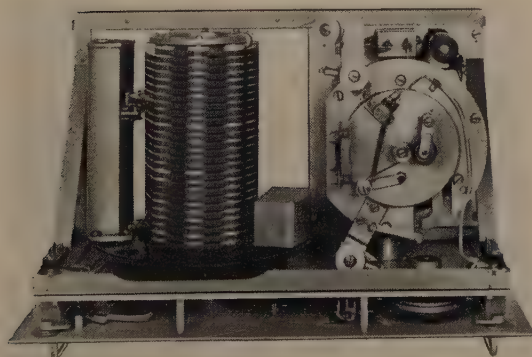


Bild 10. Totzeitmodell-Laufwerk 0,1...10 s, Draufsicht

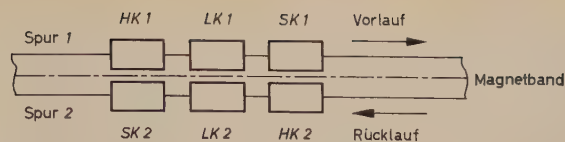


Bild 11. Prinzip eines Totzeitmodell-Laufwerkes für große Totzeiten (10...600 s)

Löschkopf *LK 1* gelöscht, und neue Informationen werden mit *SK 1* aufgezeichnet. In Rücklaufrichtung wiederholt sich der dargestellte Vorgang auf Spur 2. Auf diese Weise wird ein kontinuierliches Aufsprechen und Wiedergeben (außer im Augenblick der Umschaltung der Bandlaufrichtung und der Magnetköpfe) gewährleistet.

Als Aufzeichnungsverfahren wurde Impulsdauermodulation PDM gewählt. Es hat folgende Vorteile:

- 1) Die Modulation läßt sich mit einer einfachen, bis zu einem hohen Modulationsgrad linear arbeitenden Schaltung verwirklichen.
- 2) Die Demodulation von PDM ist denkbar unkompliziert und geschieht durch eine Mittelwertbildung (Tiefpaß).
- 3) Empfindlichkeitsschwankungen des Magnetbandes haben keinen Einfluß auf die Übertragung des Signals im Gegensatz zu allen Intensitätsaufzeichnungsverfahren (zum Beispiel Amplitudenmodulation).
- 4) Es werden gegenüber der Direktaufzeichnung ohne Modulation keine Spezialaufsprech- und -wiedergabeköpfe (Hallgenerator o. ä.) benötigt.
- 5) Störende Einflüsse der Geschwindigkeitsmodulation des Bandes infolge der Exzentrizität der Antriebsachse und elastischer Bandschwingungen gehen bei PDM im Gegensatz zur Frequenzmodulation in die Ausgangsgröße nicht ein.

Die wichtigsten Daten des Totzeitmodells sind:

Übertragungsbereich 0...200 Hz (1% Amplitudenfehler)

Impulsfolgefrequenz 1,5 kHz

Nullpunktunsicherheit  $<1\text{‰}$  der Maximalspannung je Stunde

Linearitätsfehler bei Vollaussteuerung  $<1\%$

#### 5. Sichtgerät

Das Sichtgerät dient zur Sichtbarmachung zweier Vorgänge gleichzeitig. Es wird eine Planröhre mit langer Nachleuchtzeit verwendet. Mittels eines Fotovorsatzes können die interessierenden Kurven auf Film festgehalten werden. Die Nachteile einer Zweistrahl-Oszillografenröhre (Verdrehung der Systeme und Verschiebung der  $x$ -Achsen gegeneinander, verschiedene Empfindlichkeiten der einzelnen Systeme) werden durch Anwendung eines elektronischen Zerhackers vermieden, der im Gegensatz zu handelsüblichen Geräten auch Gleichspannungen übertragen muß. Er schaltet abwechselnd den ersten und den zweiten Eingangskanal auf die Meßplatten der einstrahligen Oszillografenröhre. Im Umschaltmoment wird der Elektronenstrahl dunkelgetastet. Das Sichtgerät läßt sich ebenfalls zur Aufzeichnung von Ortskurven (Phasenebene) verwenden.

#### 6. Zur Frage der Genauigkeitsforderungen

Die Frage, welche Genauigkeitsforderungen an einen Analogrechner zu stellen sind, ist so weitreichend, daß sie weder erschöpfend noch eindeutig zu beantworten ist. Selbst die Frage, welche Genauigkeit von einzelnen Bausteinen zu verlangen ist, um für eine gegebene Aufgabe unterhalb eines vorgegebenen Fehlers zu bleiben, ist bei umfangreicheren Problemen mit einer größeren Anzahl von Bausteinen nicht einfach zu beantworten oder führt auf übertrieben hohe Forderungen. Natürlich wird man die Genauigkeit mindestens so hoch treiben, wie es ohne besonderen technischen Aufwand unter den Gegebenheiten möglich ist. Es darf aber nicht der eigentliche Aufgabenzweck eines Analogrechners, der hauptsächlich in der Lösung mathematisch formulierter technischer Probleme oder in der Nachbildung der Funktion komplizierter technischer Anlagen besteht, vergessen werden. Für den letzten Fall kann man wohl fast ausnahmslos aussagen, daß elektronische Bausteine zuverlässiger als entsprechende andere, zum Beispiel mechanische Geräte, arbeiten. Man vergleiche beispielsweise ein elektronisches P-Glied mit einem Übersetzungsgetriebe, dem zusätzlich Lose, Reibung und Massenträgheiten anhaften. Es ist sogar nicht immer einfach, die nahezu idealen elektro-

nischen Bausteine so weit zu verschlechtern, bis sie den Originalen entsprechen.

Für den erstgenannten Anwendungsfall dagegen braucht man vom Analogrechner auch nicht übermäßige Genauigkeit zu verlangen, da die Kennwerte oder Kennlinien von Anlagen selten mit großer Genauigkeit vorliegen (zum Beispiel sind die Übergangsfunktionen aus der Verfahrenstechnik meist sehr stark von Störgrößen überlagert). Im Falle mathematischer Ansätze werden oft beträchtliche Vernachlässigungen (Linearisierung) gemacht.

Für die meisten mathematisch-wissenschaftlichen Arbeiten ist ein Analogrechner mittlerer Genauigkeit ausreichend. Die Lösungskurven können andernfalls zumindest zur schnellen Ermittlung eines engeren Bereiches dienen, in dem dann genauere Untersuchungen mit einem Digitalrechner angestellt werden können.

Meist trägt eine geschickte Programmierung viel zur Erreichung einer höheren Genauigkeit bei. So wird man beispielsweise oft verhältnismäßig kleine Änderungen um große Ruhewerte (Arbeitspunkte) zu studieren haben. Hierbei empfiehlt es sich, die Arbeitspunkte vorher in den Nullpunkt zu transformieren.

Kritisch bezüglich der Genauigkeit scheinen eigentlich nur reine Steuerungsprobleme und solche Aufgaben zu sein — besonders bei einer extrem kleinen Anzahl von Integratoren —, die ganz dicht an, auf oder kurz über der Stabilitätsgrenze liegen. Allerdings dürfte es sich dabei meist wieder um Modelle technischer Gebilde handeln, für die bezüglich der Daten das oben Gesagte gilt. Es sind außerdem auch hierfür einige die Genauigkeit erheblich verbessernde Transformationen bekannt.

An einem Kurvenbeispiel sei gezeigt, daß die abweichend gegenüber den üblichen Darstellungen propagierten Genauigkeitsangaben (Fehler kleiner als 1% in einem Dynamikbereich von 100:1 zum Beispiel bei den linearen Rechenbausteinen) sinnvoll sind und gegebenenfalls eine

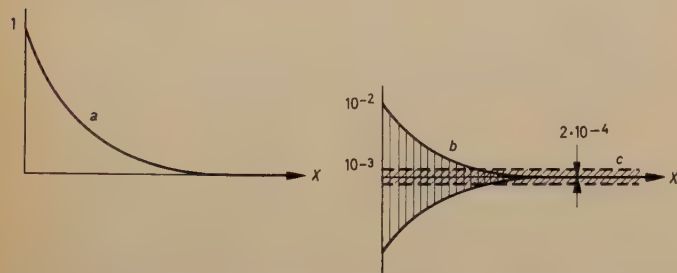


Bild 12. Kurvenbeispiel zur Genauigkeitsbetrachtung; a Funktion  $e^{-x}$ , b Fehlergrenzkurve dazu für Baustein mit 1% Ungenauigkeit im Dynamikbereich 100:1, c Fehlergrenzkurve für Baustein mit 0,1% Ungenauigkeit (vom Endwert)

genauere Aussage als jene darstellen. Bei der im Bild 12 gezeichneten e-Funktion, beispielsweise erzeugt durch Anlegen einer konstanten Eingangsspannung an ein DV-Glied, weiß man bei der Genauigkeitsangabe  $\pm < 1\%$ , daß die Amplituden im Bereich von 1...0,01 höchstens um 1% vom jeweiligen theoretischen Wert abweichen können. Bei einer Fehlerangabe von 0,1% (vom Endwert) ist der Wert 1 höchstens um  $1/100$  ungenau, der Wert 0,1 um 1%.

Bestimmt man durch nachfolgende Integration die Fläche dieser Kurve, dann ist nach der üblichen Fehlerangabe von zum Beispiel 0,1% vom Endwert trotzdem bei  $x = 10$  schon ein Fehler von 1% vom Endwert möglich, obwohl er bei formaler Betrachtung nur  $2 \times 0,1\% = 0,2\%$  sein dürfte. Die beim „Unimar“ angegebene Genauigkeit schließt dagegen eine solche formale und zu Fehlern führende Betrachtungsweise aus.

## 7. Die Vorteile der modellmäßigen Programmierung von Aufgaben gegenüber der Programmierung aus der Differentialgleichung

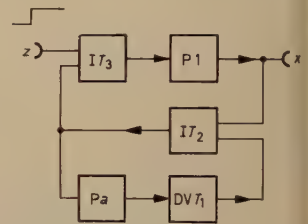
Es konnte immer wieder festgestellt werden, daß Aufgaben, denen im Original eine ausgeprägte Struktur zugrunde liegt (Geräteanordnung, Anlagen), vorteilhaft modellmäßig programmiert werden, das heißt, daß nicht nur die beschreibenden Differentialgleichungen der Rechenschaltung und des Originals übereinstimmen müssen, sondern auch die Art der Zusammenschaltung einzelner Blöcke aneinander. Ein solches sogenanntes echtes Modell fördert nicht nur die Übersichtlichkeit und führt zum besseren Verstehen auch der Originalanlage, wobei sich zudem noch die Fehlergefahr verringert, sondern gibt

darüber hinaus die Möglichkeit, in der Rechenschaltung an der Stelle einzugreifen, an der es im Original interessiert, ohne daß zuerst eine neue Differentialgleichung aufgestellt und programmiert werden muß. Im echten Modell entspricht jedem Kennwert des Originals nur ein Einstellwert des Modells. Bei der rein formellen Programmierung aus der Differentialgleichung heraus findet man dagegen im allgemeinen eine kompliziertere Abhängigkeit zwischen einem Kennwert des Originals und mehreren Einstellwerten des Rechengegerätes.

Das folgende einfache Beispiel möge das abschließend verdeutlichen und die Richtigkeit des eingeschlagenen Weges beim „Unimar“ zeigen.

Bild 13 zeigt einen einfachen Regelkreis in Blockschaltung, dessen günstigste Reglereinstellung zu ermitteln war. Parameter sind  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  und  $a$ . Auf dem Analogrechner wurde die Aufgabe in Form

Bild 13. Blockbild eines einfachen Regelkreises, das dem Programmbild des echten Modells entspricht



eines echten Modells durchgeführt. Einstellwerte des Modells und Kennwerte des Originals entsprechen einander vollkommen. Der Regelkreis hat die Differentialgleichung

$$\ddot{x} + \frac{aT_1 + T_2}{T_1 \cdot T_2} \cdot \dot{x} + \frac{1}{T_2 \cdot T_3} \cdot x + \frac{1}{T_1 \cdot T_2 \cdot T_3} \cdot x = \frac{1}{T_3} \cdot \ddot{z} + \frac{aT_1 + T_2}{T_1 \cdot T_2 \cdot T_3} \cdot \dot{z}$$

Im Bild 14 wird die Eingabe des ein- und zweimal differenzierten Rechtecksprunges (Störgröße  $z$ ) in Form der Nadelimpulse  $\dot{z}$  und  $\ddot{z}$  vermieden, die im Analogrechner zu falschen Ergebnissen wegen

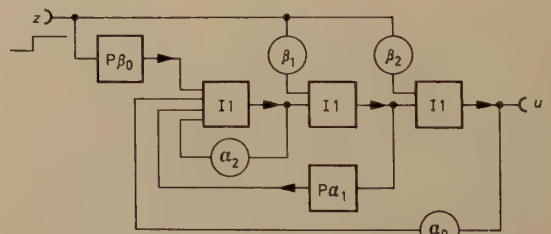


Bild 14. Programmbild der Differentialgleichung des einfachen Regelkreises aus Bild 13

Übersteuerung der Verstärker führen müßten. Die entsprechende Gleichung, deren Koeffizienten so zu wählen sind, daß  $z$  selbst nicht erscheint, lautet

$$\ddot{u} + \alpha_2 \dot{u} + \alpha_1 u + \alpha_0 u = \beta_2 \ddot{z} + (\alpha_2 \beta_2 - \beta_1) \dot{z} + (\alpha_1 \beta_2 - \alpha_2 \beta_1 - \beta_0) z$$

Die Einstellwerte  $\alpha_i$  und  $\beta_i$  hängen dann von den Kennwerten  $T_i$  und  $a$  folgendermaßen ab:

$$\alpha_0 = \frac{1}{T_1 \cdot T_2 \cdot T_3} \quad \alpha_1 = \frac{-1}{T_2 \cdot T_3} \quad \alpha_2 = \frac{aT_1 + T_2}{T_1 \cdot T_2}$$

$$\beta_0 = \frac{-1}{T_2 \cdot T_3^2} \quad \beta_1 = 0 \quad \beta_2 = \frac{1}{T_3}$$

Die Veränderung eines Kennwertes, zum Beispiel  $T_3$ , zieht fast durchweg die Veränderung mehrerer Einstellwerte nach sich, die dazu noch umständlich errechnet werden müssen. Das Beispiel zeigt anschaulich die Vorteile der modellmäßigen Bearbeitung der Aufgabe.

(eingegangen am 13. Juli 1960)

Neben den Verstärkern in der Form von nicht umkehrbaren oder auch umkehrbaren Vierpolen mit getrennten Ein- und Ausgängen gewinnt der Zweipolverstärker immer mehr an Bedeutung. Als negativer Widerstand läßt sich seine Funktion anschaulich beschreiben. Die Herstellung solcher negativer Widerstände, ihre beiden Stabilitätsformen, ihr Verhalten in der Schaltung und ihre Anwendung in der Fernsprechtechnik zur Entdämpfung von Kabelleitungen werden erörtert.

## 1. Einführung

Die klassischen Verstärkerelemente der Elektrotechnik haben Vierpolform. Ein erstes Klemmenpaar nimmt ein zu verstärkendes Signal in Form einer elektrischen Größe (Spannung, Strom, Leistung) auf und gibt dieses Signal unter Mithilfe eines nur energetisch interessierenden Energiereservoirs (zum Beispiel Gleichstromquelle) über ein zweites Klemmenpaar verstärkt wieder ab. Dieser Vorstellung entspricht zunächst das einfache Relais, das über den Strom in seiner Wicklung einen im Ausgangskreis liegenden Kontakt steuert, über den ein entsprechend verstärkter Strom fließen kann. Ein älterer Tonfrequenzverstärker hatte als Eingangskreis die Spule eines elektromagnetischen Telefons. Die Membran war fest mit einem Kohlemikrofon gekoppelt, das an seinem Klemmenpaar die Eingangsströme verstärkt wieder abgeben konnte. Auch die beiden wichtigsten Verstärkerelemente der heutigen Technik, die Elektronenröhre und der Transistor, haben in fast allen Anwendungen eine eindeutige Trennung zwischen den steuernden Eingangsklemmen und dem gesteuerten Ausgangskreis, dem das verstärkte Signal entnommen wird.

Was diese einfachen Vierpolverstärker für ihre praktische Handhabung so einfach macht, ist der Umstand, daß sie nur in einer Richtung, nämlich vom festgelegten Eingang zum Ausgang hin, verstärken, wie zum Beispiel Verstärker in einer elektroakustischen Übertragungsanlage vom Mikrofon zum Lautsprecher. Legt man von außen her ein Signal an die Ausgangsklemmen, dann wird man im Eingangskreis keine Wirkung feststellen. Diese Verstärker sind nicht umkehrbar.

In anderen Fällen wünscht man jedoch Verstärkung in beiden Richtungen (Leitungsverstärker in einer Zweidraht-Fernsprechverbindung). Jedes Klemmenpaar ist hier sowohl Eingang für die eine Übertragungsrichtung als auch Ausgang für die Gegenrichtung. Man nennt solche Geräte Zweig- oder auch Zweidrahtverstärker. Sie sind prinzipiell umkehrbar. Während die Verstärker der ersten Gruppe (nicht umkehrbare Verstärker) ohne weiteres für alle an ihren Ein- und Ausgangsklemmen praktisch vorkommenden Abschlußwiderstände stabil bleiben, tritt bei den umkehrbaren Verstärkern bei bestimmten Abweichungen dieser Widerstände von vorgegebenen Sollwerten grundsätzlich Instabilität auf. Je größer die Verstärkung ist, um so engere Toleranzen bestehen für die Abschlußwiderstände.

Bei der Anwendung negativer Widerstände als Verstärker besteht von vornherein das gleiche etwas mühevollere Stabilitätsproblem wie bei den umkehrbaren Vierpolverstärkern. Im Gegensatz zu diesen haben sie aber nur ein Klemmenpaar. Wenn man von eigener Generatorwirkung absieht, der Zweipol also keine Signale selbst erzeugt, dann muß sich sein elektrisches Verhalten einzig und allein durch seinen Widerstand vollständig

beschreiben lassen. Leider ist im Deutschen der Begriff Widerstand nicht eindeutig. Damit können sowohl Blindwiderstände (Reaktanzen) als auch Wirkwiderstände (Resistanzen) und im allgemeinen auch Scheinwiderstände (Impedanzen) gemeint sein. Weiter verwendet man diesen Begriff sowohl für das Bauelement (zum Beispiel für einen Kohlewiderstand) wie auch für die physikalische Eigenschaft, die lediglich das Verhältnis zwischen Klemmenspannung und Klemmenstrom beschreibt (zum Beispiel transformierter Widerstand in der Primärspule eines sekundärseitig abgeschlossenen Übertragers). Das Spannungs/Strom-Verhältnis ist dafür ausschlaggebend, daß elektrische Leistung in der Schaltung über das betreffende Klemmenpaar übertragen wird. Für die folgende Betrachtung interessiert allein dieser Quotient aus Spannung und Strom, wie er durch das Ohmsche Gesetz gegeben ist.

In der Wechselstromtechnik ist es gebräuchlich, den Wert dieses Quotienten für stationäre sinusförmige Erregungen durch komplexe Zahlen und geometrisch in Form von Zeigern darzustellen. Der Winkel, den man dabei zwischen Spannungs- und Stromamplitude feststellt, ist von entscheidender physikalischer Bedeutung. Er sagt bereits aus, ob der untersuchte Scheinwiderstand im wesentlichen aus Energieverbrauchern oder aus elektrischen oder magnetischen Energiespeichern aufgebaut ist (Bild 1). Es ist einleuchtend, daß man in gleicher Weise, wie man mit einem positiven Wirkwiderstand einem Stromkreis elektrische Energie (Wirkleistung) entziehen, diesem mit einem negativen Wirkwiderstand Energie zuführen kann. Das ist das physikalische Kennzeichen aller verstärkenden Zweipole, und man nennt solche Einrichtungen, die an ihrem Klemmenpaar einen negativen Wirkwiderstand oder, anders gesagt, einen negativen Realteil des Scheinwiderstandes zeigen, kurz negative Widerstände. Es sei hier angefügt, daß solche Zweipole natürlich nicht ohne zusätzliche Energiezufuhr von außen existieren können. Sie brauchen wie jeder andere Verstärker eine Stromversorgung, zum Beispiel mit Gleichstrom. Sie geben dann aber Leistung in die Schaltung ab und führen so zu einer wirkungsvollen Verstärkung der interessierenden Signalströme.

## 2. Negative Wirkwiderstände

Zunächst seien Widerstände betrachtet, die in dem Frequenzbereich ihrer Anwendung keine Imaginärkomponente haben. Einen einfachen Stromkreis mit positiven Widerständen zeigt Bild 2 links. Eine Spannungsquelle speist über einen Innenwiderstand den positiven Widerstand  $R_i$ , der von dem Strom  $I$  durchflossen wird. An seinen Anschlußklemmen kann man die elektrische Spannung  $U = I \cdot R$  messen. Diese Spannung ist, wie man in der Wechselstromtechnik sagt, mit dem Strom in Phase.

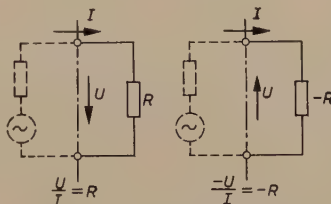


Bild 2 (oben). Stromkreis mit positivem und negativem Widerstand

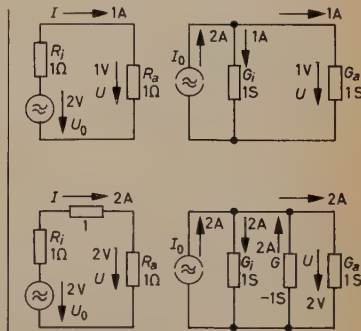


Bild 3 (rechts). Verstärkung durch negative Widerstände und negative Leitwerte in einfachen Stromkreisen

Nun stelle man sich einfach einen zweiten Widerstand vor, der in gleicher Weise wie der erste gespeist werde, der insbesondere von dem gleichen Strom  $I$  wie der erste Widerstand durchflossen werde und an dem man aber eine Spannung mißt, die der ersten Spannung  $U$  genau entgegengerichtet ist. Wenn man die erste Spannung  $U$  mit positivem Vorzeichen annimmt, muß man der zweiten Spannung im Bild 2 rechts das Minuszeichen zuordnen und mit diesem Vorzeichen weiter operieren. Auf diese Weise erhält man den negativen Widerstand  $-R$ , dessen numerische Größe, genau wie bei dem positiven Widerstand, nur durch die Werte von Spannung und Strom bestimmt ist.

Bild 3 zeigt zwei einfache Beispiele: oben links einen Stromkreis aus Spannungsquelle  $U_0$ , Innenwiderstand  $R_i$  und Verbraucherwiderstand  $R_a$ , darunter den durch Reihenschaltung eines negativen Widerstandes erweiterten Stromkreis. Die rechte Bildhälfte zeigt oben den dualen nicht-verstärkten Kreis (Stromquelle  $I_0$ , innerer Leitwert  $G_i$  und Verbraucher-

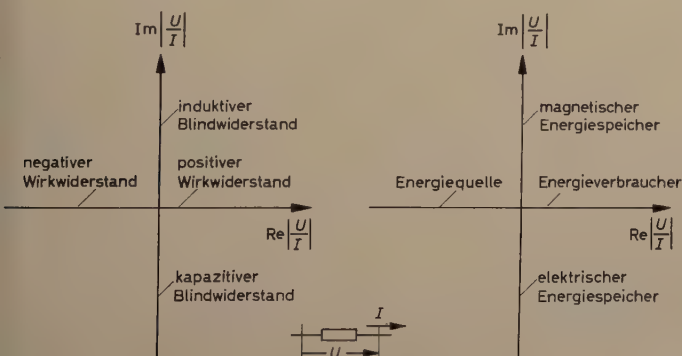


Bild 1. Die Koordinaten der komplexen Zahlenebene zur Darstellung von Wechselstromwiderständen und ihre physikalische Bedeutung

leitwert  $G_a$ ), darunter wieder den Stromkreis mit negativem Widerstand. Aus den eingetragenen einfachen Zahlenwerten ergibt sich in beiden unverstärkten Kreisen eine Verbraucherleistung von 1 W. Nach dem Einfügen der negativen Widerstände errechnet man aber eine solche von 4 W. In beiden Schaltungen wurde also durch das Einfügen der negativen Widerstände die Verbraucherleistung vervierfacht.

Die vom Generator gelieferte Leistung ist im Falle der unverstärkten Kreise identisch mit der Verbraucherleistung von 1 W. Im Beispiel Verstärkung durch Reihenschaltung ist der Generator jedoch mit  $0 \Omega$  abgeschlossen, das heißt, er arbeitet im Kurzschluß und gibt selbst gar keine Leistung mehr ab. Im zweiten Beispiel findet man als Generatorabschluß  $0 S$ , das heißt Leerlauf. Auch hier gibt der Generator keine Leistung mehr ab. Die negativen Widerstände liefern in beiden Fällen die volle Verbraucherleistung von 4 W. Der Generator ist in beiden Fällen zwar das steuernde Element geblieben, liefert aber in diesen Grenzfällen keine Leistung mehr in die Schaltung.

Die ursprünglich in den unverstärkten Stromkreisen vorhandene Anpassung, die Voraussetzung für die günstigste Ausnutzung des Generators ( $R_i = R_a$ ) war, ist nun gestört.

### 3. Fehlanpassung und Reflexion

Bild 4 zeigt die beiden einander dualen elementaren Stromkreise. Ein Klemmenpaar trennt Generator und Verbraucher. Solche Verhältnisse liegen beispielsweise überall auf Zweidraht-Nachrichtenleitungen vor. Im Falle eines Telefongesprächs würden dann mit Rede- und Gegenrede Generator und Verbraucher ihre Plätze ständig tauschen. In dem gezeich-

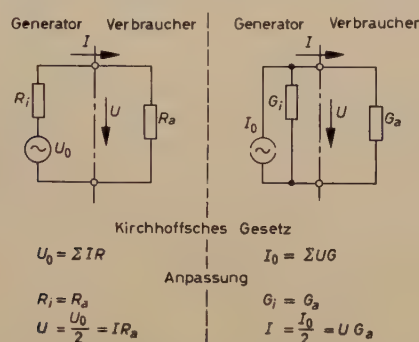


Bild 4. Widerstandsanpassung in elementaren Stromkreisen

neten Falle würde also von links gesprochen und die Energie nach rechts zum Verbraucher (Hörer) wandern. Die elementaren Gesetze, nach denen sich Spannung und Strom am untersuchten Klemmenpaar einstellen, sind angegeben, insbesondere auch für den Fall der Anpassung.

In jedem Fall bestimmt aber die Größe des Verbraucherwiderstandes das Verhältnis von Spannung zu Strom am Verbraucher, auch wenn  $R_a$  nicht mit  $R_i$  übereinstimmt.

Bild 5 (linke Hälfte) zeigt ein solches Beispiel. Das Verhältnis  $U/I$  am untersuchten Klemmenpaar entspricht dem Verbraucherwiderstand  $R_a$ ,

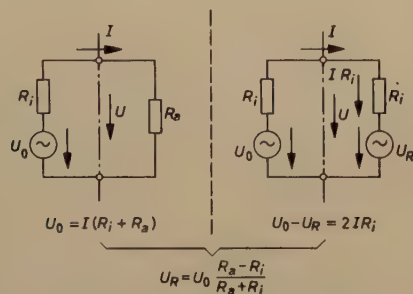


Bild 5. Fehlanpassung und Reflexion

der aus irgendwelchen Gründen vom Anpassungswert  $R_i$  abweiche. Die angestrebte Schaltung mit dem gewünschten Verbraucherwiderstand  $R_i$  ist im Bild 5 rechts zu sehen. Um in ihr bei gleichem Generator ( $U_0, R_i$ ) die gleichen Strom- und Spannungsbedingungen wie im linken Bild mit einem Verbraucher der angestrebten Größe  $R_i$  einzustellen, bedarf es der Reihenschaltung der EMK

$$U_R = U_0 \frac{R_a - R_i}{R_a + R_i}$$

Ein solcher Anpassungsfehler entspricht also dem Auftreten einer Spannung der Größe  $U_R$  in der Gegenrichtung, die in jedem Fall zum Generator zurückübertragen wird. Das gilt auch, wenn auf diesem Wege die Zweidrahtleitung durch Gabeln in Vierdrahtkreise aufgeteilt wird. Solche Reflexionen stören in der Praxis um so weniger, je kleiner sie sind und je größer die sonst unerwünschten Dämpfungen zwischen Generator und Reflexionsstelle auf Hin- und Rückweg sind. Sie erzeugen bei entsprechender Größe beispielsweise im Fernsprecher ein unangenehm lautes Rückhören der eigenen Sprache und können weiter die elektrische Stabilität des gesamten Übertragungssystems in Frage stellen.

### 4. Reflexionsfreie Verstärkung mit negativen Widerständen

Am ersten Beispiel im Abschnitt 3 (Bild 3) sieht man, daß der Einbau verstärkender negativer Widerstände in Reihe zu den Verbrauchern eines Stromkreises die ursprünglich vorhandene Anpassung stört und eine Unteranpassung hervorruft. Im dualen Parallelbeispiel führte die Parallelschaltung negativer Widerstände zum Verbraucher zur Überanpassung des Generators. Die entstehenden Reflexionen sind in beiden Fällen bei gleicher Verstärkung von gleicher Größe, aber von entgegengesetztem Vorzeichen. Hier liegt offensichtlich der Schlüssel zur reflexionsfreien Verstärkung mit negativen Widerständen: Man muß zwei negative Widerstände anwenden, einen in Serie und einen parallel zum Verbraucher.

Bild 6 erläutert diese Kombination der beiden negativen Widerstände zu einem verstärkenden Vierpol. Zunächst ist wieder der einfache unverstärkte Stromkreis gezeichnet. Sowohl das Einfügen eines negativen Serienwiderstandes als auch eines negativen Parallelwiderstandes erhöhen Strom und Spannung am Verbraucher  $R_a$ . Im ersten Fall tritt an den Generator-

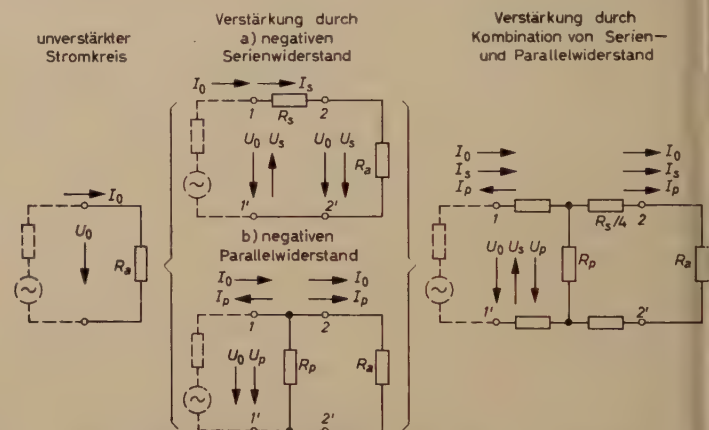


Bild 6. Reflexionsfreie Verstärkung mit zwei negativen Widerständen

klemmen nur eine Erhöhung des Stromes von  $I_0$  auf  $I_0 + I_s$  auf, die Spannung aber wird durch  $U_s$  vermindert. Im zweiten Fall verringert sich dagegen der Strom durch den Generator um  $I_p$ , und die Spannung erhöht sich um  $U_p$ .

Im rechten Teil des Bildes ist dann eine Kombination von negativem Serien- und Parallelwiderstand dargestellt. Man erkennt darin besonders deutlich, wie sich die Wirkungen der negativen Widerstände an den Verbraucherklemmen addieren ( $I_0 + I_s + I_p$ ). Andererseits ist der Einfluß auf die Generatorklemmen aber so, daß die ursprünglichen Werte  $U_0$  und  $I_0$  erhalten bleiben, weil sich die entsprechenden Ströme  $I_p$  und  $I_s$  wie auch die Spannungen  $U_p$  und  $U_s$ , die auf das Einfügen der negativen Widerstände  $R_p$  und  $R_s$  zurückzuführen sind, gerade aufheben.

### 5. Herstellung negativer Widerstände

Es gibt zahlreiche Anordnungen, die die Kennzeichen negativer Widerstände unter bestimmten Bedingungen mit sich bringen. Darunter ist der elektrische Lichtbogen wohl die bekannteste. Heute findet man entsprechende Strom-Spannungskennlinien an bestimmten Dioden, insbesondere im Durchbruchgebiet. Für praktische Anwendungen haben sich demgegenüber im letzten Jahrzehnt Schaltungen mit rückgekoppelten Vierpolverstärkern eingeführt [1, 2]. Sie haben eine größere Zuverlässigkeit und Konstanz. Besonders geeignet sind Schaltungen mit Transistoren [3], da diese sowohl bezüglich Lebensdauer als auch der Erfordernisse der Stromversorgung den Elektronenröhren überlegen sind.

Bild 7 zeigt eine besonders einfache Schaltung, deren Transistor folgende physikalische Eigenschaften haben:

- 1) Der Kollektorstrom  $I_C$  sei gleich dem Emittorstrom  $I_E$  (Stromverstärkung in Basisschaltung  $\alpha = 1$ ).
- 2) Der Arbeitspunkt sei so eingestellt, daß zwischen Emittor und Basis nur eine vernachlässigbare Spannung auftritt (Eingangswiderstand der Basisschaltung sei klein im Vergleich zu dem Abschlußwiderstand  $Z_0$ ).

Weiter sei  $\bar{U}$  ein idealer Übertrager mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 1. Der Strom  $I_E$  fließt über die Eingangklemmen 1, 1' zum Emittor und dann in den Kollektorkreis (Annahme 1). Er erzeugt am Abschlußwiderstand  $Z_0$  des Klemmenpaares 2, 2' den Spannungsabfall  $I_C \cdot Z_0 = I_E \cdot Z_0$ . Dieser Spannungsabfall wird – in  $\bar{U}$  umgepolt – auf die Basis zurückgekoppelt. Er erscheint nach Voraussetzung 2 somit über den Emittor auch am Klemmenpaar (1, 1'). Der Eingangswiderstand ist durch das Verhältnis Spannung durch Strom gegeben und wird hier

$$W_{E1} = \frac{U_E}{I_E} = \frac{-I_C \cdot Z_0}{I_E} = \frac{-I_E \cdot Z_0}{I_E} = -Z_0$$

Man kann weiter in der einfachen Schaltung nach Bild 7 den Übertrager  $\bar{U}$  mit dem Übersetzungsverhältnis  $k : 1$  ausführen und erhält dann den Eingangswiderstand  $-k \cdot Z_0$ . An Stelle des Übertragers kann man auch zum Umpolen der Rückkopplungsspannung einen zweiten Transistor verwenden.

Solche Vierpolanordnungen nennt man Widerstandskonverter [4, 5, 6]. Sie konvertieren den Abschlußwiderstand  $Z_0$  mit einem bestimmten Konversionsfaktor  $k$ , der oft wesentlich von Eins abweicht, innerhalb des erforderlichen Frequenzbereiches in den entsprechenden negativen Widerstand.

Grundsätzlich läßt sich ein solcher Widerstandskonverter auch umkehren. Man kann also den Abschlußwiderstand  $Z_0$  im Bild 7 vom Klemmenpaar 2, 2' abtrennen und an 1, 1' anlegen. Dann mißt man auch am Klemmenpaar 2, 2' einen negativen Widerstand. Werden die Voraussetzungen zu Bild 7 eingehalten, dann kann man mit einem Übertrager, der 1 : 1 übersetzt, sogar den gleichen Widerstand  $-Z_0$  feststellen, der sich allerdings im Betrieb völlig anders verhalten wird. Wäre  $\bar{u} = k : 1$  gewesen, dann hätte man den Widerstand  $-Z_0/k$  gemessen (Bild 8).

Der Unterschied zwischen dem Widerstand, den man am Klemmenpaar 2, 2' mißt (Bild 7), und dem Widerstand an den Klemmen 1, 1', jeweils bei gleichem Abschluß, liegt im Stabilitätsverhalten. Grundsätzlich kann nur der eine oder nur der andere in einer gegebenen Anwendung stabil sein.

## 6. Die Stabilität negativer Widerstände

Der Eingangsstrom  $I_E$  im Bild 7 fließt als  $I_C$  in voller Größe durch  $Z_0$ . Es entsteht ein Spannungsabfall, der mit dem Übertrager  $\bar{U}$  umgepolt und über die niederohmige Basis-Emitterstrecke des Transistors auch am Eingangsklemmenpaar 1, 1' liegt. Natürlich beeinflusst diese Spannung

Ströme  $I_E$  in den Transistor hinein, bis dieser seine Aussteuerungsgrenze erreicht und den Vorgang begrenzt. Der Widerstandskonverter ist instabil geworden; er erzeugt jetzt selbst Schwingungen und wird als Verstärker unbrauchbar.

Der vorhergehende Abschnitt (Bild 7) hat gezeigt, daß ein Widerstandskonverter auch vom Klemmenpaar 2, 2' her mit dem zu konvertierenden Widerstand an den Klemmen 1, 1' betrieben werden kann. Soeben wurde festgestellt, daß die Stabilität am Klemmenpaar 1, 1' dadurch begrenzt ist, daß der äußere Widerstand eine bestimmte Grenze nicht überschreiten darf. Sicher ist die Schaltung bei Leerlauf an den Klemmen 1, 1' stabil. Man nennt deswegen einen solchen negativen Widerstand leerlaufstabil. Eine auftretende Instabilität wirkt sich durch ungewollte Schwingungen auf beide Klemmenpaare aus. Betrachtet man den Konverter von der Seite 2, 2' her, dann ist die Stabilität bestimmt vorhanden, wenn das Klemmenpaar 2, 2' kurzgeschlossen ist. In diesem Falle ist an  $\bar{U}$  überhaupt keine Rückkopplungsspannung mehr zu messen. Von dieser Seite her ist der Konverter also kurzschlußstabil.

Man findet damit folgendes Verhalten eines Widerstandskonverters: Er ist von einer Seite, nämlich von den Klemmen 1, 1', im Leerlauf stabil und bleibt stabil, solange der negative Widerstand an diesem Klemmenpaar kleiner als sein äußerer Abschluß bleibt. Die andere Seite (2, 2') ist damit zwangsläufig im Kurzschluß stabil und bleibt stabil, solange der negative Widerstand an diesem Klemmenpaar größer als der äußere Abschlußwiderstand bleibt. Neben diesen beiden Typen negativer Widerstände, die sich in ihrer Stabilität grundsätzlich verschieden verhalten, gibt es keine weiteren mehr.

Wichtig für alle Anwendungen ist nur neben der Dimensionierung der Größe eines negativen Widerstandes, die genauso wie die Festlegung eines positiven Widerstandes für einen bestimmten Zweck in einer Schaltung vor sich geht, die Wahl der richtigen Stabilitätsform. Es kann immer nur die eine oder nur die andere stabil sein, also entweder nur der kurzschlußstabile oder nur der leerlaufstabile Widerstand. So ist in den Zahlenbeispielen nach Bild 3 für den negativen Widerstand in Reihe zum Verbraucher nur der leerlaufstabile Widerstand, für den negativen Widerstand parallel zum Verbraucher nur der kurzschlußstabile Widerstand geeignet. Widerstandskonverter bieten beide Formen nebeneinander, und man braucht bei ihrer Anwendung lediglich das richtige Klemmenpaar zu wählen.

## 7. Technische Widerstandskonverter

Alle Betrachtungen in den vorhergehenden Abschnitten haben sich mit starken Vereinfachungen auf das physikalisch Unumgängliche beschränkt. Die angenommenen Idealisierungen sind teils überhaupt nicht und teils nur mit untragbar großem Aufwand zu realisieren. Beim Bau von Widerstandskonvertern bringt vor allem die Stabilität außerhalb des übertragene Frequenzbereiches in ähnlicher Weise wie bei stark gegengekoppelten Verstärkern dem Unerfahrenen Überraschungen. Wicklungswiderstände, Streu- und Querinduktivitäten, Wicklungs- und Schaltkapazitäten nehmen dem praktischen Gerät in gewissem Maße die Eigenschaften eines idealen Widerstandskonverters, so wie er oben beschrieben wurde. Diese Einflüsse lassen sich aber zum großen Teil so zusammenfassen, daß zu dem idealen Konverter ein Vierpol in Kettenschaltung auftritt (Bild 9), dessen störender Einfluß durch entsprechende Korrekturen auf der anderen Seite des Konverters wirkungsvoll innerhalb des interessierenden Frequenzbereiches ausgeglichen werden kann (Bild 10). Wo es auf genaue Kenntnis des Konversionsverhältnisses ankommt, wird man weiter im interessierenden Widerstandsbereich für bekannte Abschlußwiderstände etwa in Form der komplexen Zahlenebene die auftretenden Eingangswiderstände messen und diese in Diagrammen als Funktion des Abschlußwiderstandes auftragen, nach denen die genaue Einstellung des gewünschten Eingangswiderstandes im Rahmen üblicher Toleranzen möglich ist.

## 8. Anwendung negativer Widerstände

In den letzten Jahren ist besonders die Anwendung negativer Widerstände zur Entdämpfung von Fernsprecheinrichtungen bekanntgeworden [7, 8, 9, 10]. Die älteren aus Vierpolverstärkern und Gabeln aufgebauten Zweigungsverstärker können zwar von ihnen in ihrem elektrischen Verhalten im Übertragungsbereich nicht übertroffen werden, aber der Zweigungsverstärker mit seinen beiden Gabeln läßt keinen Gleichstrom und keine niederfrequenten Wechselströme durch. Das erfordert bei seiner Anwendung zusammen mit der Übertragung vermittlungstechnischer Schaltkennzeichen besondere Umgehungsschaltungen (Netzgruppenverstärker von Siemens [11] und die Schaltung der Standard Elektrik Lorenz [12]). Solch zusätzlicher Aufwand ist bei den sogenannten NLT-Verstärkern

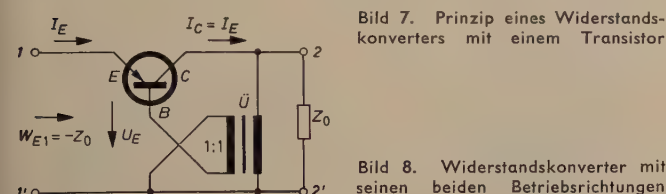


Bild 7. Prinzip eines Widerstandskonverters mit einem Transistor

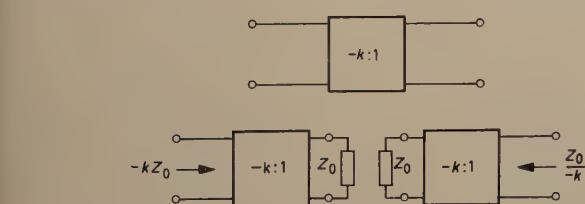


Bild 8. Widerstandskonverter mit seinen beiden Betriebsrichtungen

–  $U_E$  den Emittorstrom.  $I_E$  wächst um so mehr, je niederohmiger der im Bild 7 nicht gezeichnete äußere Abschlußwiderstand am Klemmenpaar 1, 1' ist. Ist er unendlich groß, dann ist  $I_E$ , wie man sagt, eingepreßt und durch  $U_E$  nicht zu beeinflussen. Die Rückkopplung ist auf  $I_E$  wirkungslos, und die Schaltung ist stabil. Sinkt jedoch der äußere Widerstand an den Klemmen 1, 1' ab, dann wird  $I_E$  wachsen. Hat dieser Widerstand den Wert  $Z_0$ , dann ist im Stromkreis über die Klemmen 1, 1' der gesamte Kreiswiderstand Null. Eine beliebig kleine Spannung in diesem Kreis kann damit einen unendlich großen Strom fließen lassen. Das ist die Grenze der Stabilität. Für Abschlußwiderstände, die kleiner als  $Z_0$  sind, treibt die im Widerstandskonverter erzeugte Spannung  $U_E$  immer größere

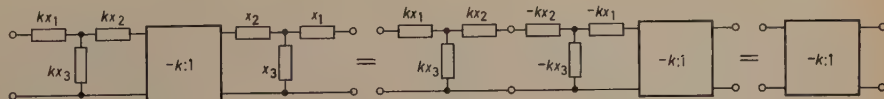
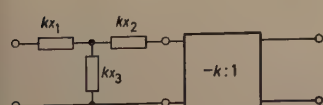


Bild 9 (links). Technischer Widerstandskonverter, aufgefaßt als Kettenschaltung eines idealen Konverters mit den in einem weiteren Vierpol zusammengefaßten Störungen. Bild 10 (rechts). Korrektur eines technischen Widerstandskonverters

nicht mehr notwendig. Sie sind von Haus aus gleichstromdurchlässig und dämpfen auch niederfrequente Signalströme nicht wesentlich. Besonders von Interesse ist diese Technik auf unpupinisierten Kabeln, da hier oft die Dämpfung zu große Werte für Leitungslängen annimmt, die von den

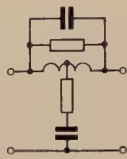
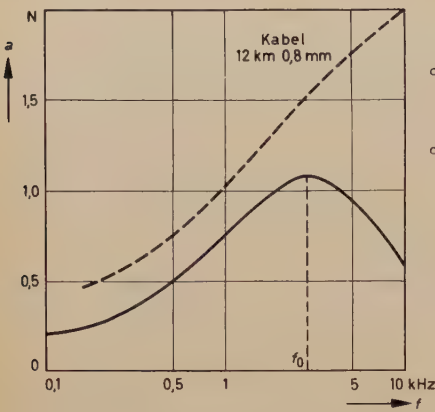


Bild 11. Dämpfungsverlauf eines unpupinisierten Kabels und einer überbrückten T-Schaltung mit RC-Gliedern (siehe oben)

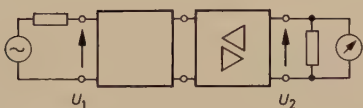
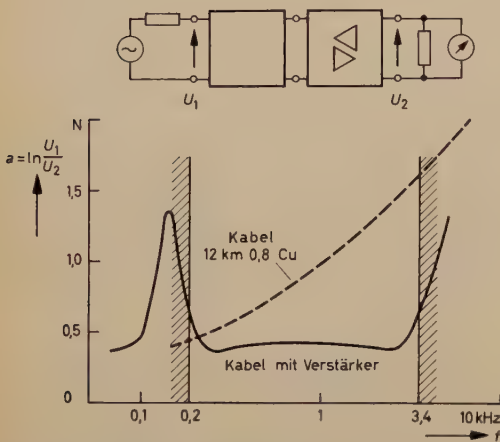


Bild 12. Entdämpfung einer Kabelleitung mit einem NLT-Verstärker

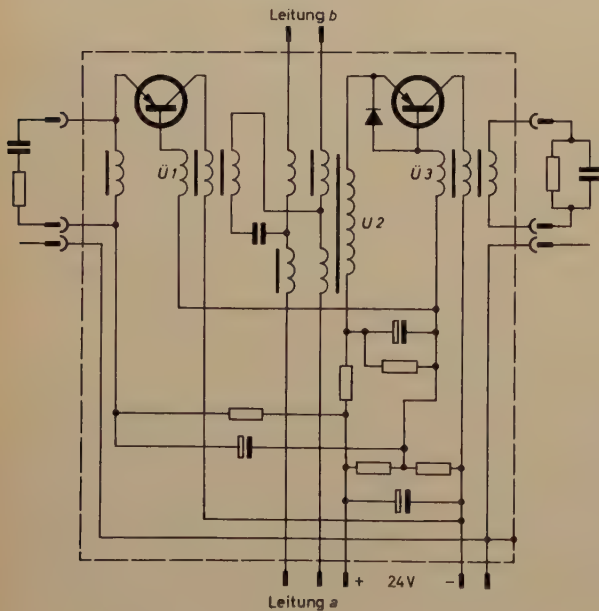


Bild 13. Schaltung eines NLT-Verstärkers

vermittlungstechnischen Verfahren (zum Beispiel Nummernwahl mit Gleichstrom) ohne weiteres beherrscht werden.

Gleichzeitig erlaubt der Verlauf der Kabeldämpfung mit der Frequenz eine sehr einfache Einstelltechnik (Bild 11). Ein Vierpol mit zwei einfachen RC-Schaltungen in einer überbrückten T-Schaltung, die sich mit einfachen vierpoltheoretischen Umformungen aus der Grundschrift nach Bild 6

herleiten läßt, hat bei entsprechender Dimensionierung im Bereich der Fernsprechfrequenzen einen ähnlichen Dämpfungsverlauf wie ein unpupinisiertes Kabel. Schaltet man die beiden RC-Glieder über einen Widerstandskonverter an die gezeigte Brückenschaltung an, dann ergibt sich bei gleichem Wellenwiderstand die im Bild 11 gezeigte Dämpfungs-kurve als Verstärkung. Bild 12 zeigt die Wirkung eines solchen NLT-Verstärkers in Verbindung mit einem unpupinisierten Kabel. Man sieht, wie neben der Verstärkung eine sehr willkommene Frequenzkorrektur des gesamten Übertragungsabschnittes auftritt.

Im Bild 13 ist die Schaltung des Verstärkers angegeben. Man erkennt links und rechts außen die beiden RC-Schaltungen, die individuell mit Einstell-diagrammen auf die jeweils vorhandene Leitung abgestimmt werden müssen. Die rechte Bildhälfte zeigt den einfachen Widerstandskonverter nach Bild 7. Diese gleiche Grundschrift ist auch im zweiten Konverter der linken Bildhälfte enthalten. In der Bildmitte ist der alles verbindende Leitungsüberträger  $\bar{U}_2$  gezeichnet. Er ist für die beiden Adern der Leitung gleichstromdurchlässig (etwa 20  $\Omega$ ) und verbindet die leerlaufstabile Seite des rechten Konverters und die kurzschlußstabile Seite des linken Konverters zu einem reflexionsfrei arbeitenden Leitungsverstärker, wie es in den einführenden Abschnitten für notwendig erachtet wurde.

#### Schrifttum

- [1] Crisson, G.: Negative impedances and the twin 21-type repeater. Bell Syst. techn. J. Bd. 10 (1931) S. 485–513
- [2] Gensel, J.: Negative Widerstände und Gyrotoren. Nachr.-Techn. Bd. 7 (1957) S. 249–256
- [3] Bangert, J. T.: The transistor as a network element. Bell Syst. techn. J. Bd. 33 (1954) S. 329–354
- [4] Linvill, J. G.: Transistor negative impedance converters. Proc. IRE Bd. 41 (1953) S. 725–729
- [5] Linvill, J. G.: RC active filters. Proc. IRE Bd. 42 (1954) S. 555–564
- [6] Merrill, J. L.: Theory of the negative impedance converter. Bell Syst. techn. J. Bd. 30 (1951) S. 88–109
- [7] Merrill, J. L., Rose, A. F., u. Smethurst, J. O.: Negative impedance tele-phone repeaters. Bell Syst. techn. J. Bd. 33 (1954) S. 1055–1092
- [8] Grewe, Th.: Ein Zweidrahtverstärker mit negativen Widerständen. Nach-richtentechn. Z. Bd. 8 (1955) S. 610–618
- [9] Purton, R. F., u. Ricketts, P. W.: The theory and operation of negative impedance-repeaters. A.T.E.-J. Bd. 12 (1956) S. 152–166
- [10] Ebel, H.: Negative Widerstände mit Transistoren in der Netzwerksynthese. Nachrichtentechn. Z. Bd. 9 (1956) S. 513–518
- [11] ● Langer, M.: Studien über Aufgaben der Fernsprechtechnik, S. 81 u. B. 59. München 1936, Oldenbourg
- [12] Deutsche Patentschrift Nr. 596007 v. 2. 7. 1931

#### Elektronik im Dienste der Post

Die erste Anlage zur Automatisierung des Postscheckdienstes wurde im Postscheckamt Hamburg versuchsweise in Betrieb genommen. Die auf den Originalaufträgen handschriftlich vermerkten Angaben Konto-nummer und Betrag werden im unteren Teil des Auftrages in magnetisierbaren Ziffern aufgebracht. Die festen Angaben (Eigenkontonummer, Heft- und Blattnummer usw.) wurden schon vor Ausgabe der Beleghefte in diese Zeile gedruckt. Die Belegsor-tiermaschine liest mit Hilfe einer elek-trischen Leseeinrichtung die gedruckten Ziffern und sortiert alle Belege nach Kontonummern. Bis zu 54000 Belege durchlaufen die Maschine in einer Stunde. Dann überträgt die Leseeinrichtung alle für die Buchung erforderlichen Daten auf Magnetband. Ein Magnetplattenspeicher dient als Kontospeicher für 200000 Kontonummern mit dem letzten Guthaben-stand. Die elektrische Recheneinrichtung entnimmt dem Magnetband die Daten des Tages, dem Plattenspeicher den letzten Kontostand und veranlaßt die Buchung, das heißt, alle Daten für den Kontoauszug werden auf das Kontoauszugband übertragen. Der Plattenspeicher führt dann den neuen Kontostand. Anschließend werden die Daten des Adreßbandes und des Kontoauszugbandes auf einem weiteren Magnetband, dem sogenann-ten Druckband, zusammengefaßt. Der Schnelldrucker, der 10 Zeilen in der Sekunde druckt, erhält über ein elektronisches Steuergerät die Daten vom Druckband und stellt den Kontoauszug her. Der Vergleich der Unter-schrift auf dem Originalauftrag mit der hinterlegten Unterschriftprobe kann allerdings nicht maschinell erfolgen.

Im Posttechnischen Zentralamt in Darmstadt wurde ebenfalls versuchs-weise eine elektronische Briefverteilungsanlage in Betrieb genommen. Nach der Formattrenneinrichtung, die die eingelieferten Briefsendungen nach Kurzbriefen, Langbriefen und Grobsendungen sortiert, durchlaufen die Kurzbrie-fe die Aufstell- und Stempeleinrichtung, wobei als Kriterium für das Aufstellen das Postwertzeichen dient. Die nächste Station ist die Codieranlage, die neuartige, systematisch aufgebaute Postleitzahlen in Codeform aufdruckt. Die Verteilmaschine verteilt die Briefe entsprechend dem Code in 100 oder mehr Fächer.

# TELEFUNKEN

**DG 10-18**, eine Elektronenstrahlröhre mit extrem hoher Ablenkempfindlichkeit (Ablenkfaktor 3,7 V/cm) und sehr großer Meßgenauigkeit (Linearitätsabweichung max. 0,5%).



TELEFUNKEN-Elektronenstrahlröhren für Oszillographen sind Erzeugnisse langjähriger Forschung und Entwicklung. Sie vereinigen große Linienschärfe und enge Toleranzen mit großer Leuchtdichte und Ablenkempfindlichkeit und werden von Jahr zu Jahr in steigendem Maße verwendet.

Entwicklungsstellen der Industrie erhalten auf Anforderung Druckschriften mit genauen technischen Angaben.

**TELEFUNKEN**  
RÖHREN-VERTRIEB  
ULM-DONAU

# Neue Germanium- und Silizium-Halbleiter-Bauelemente

DK 621.382(047.1)

## 1. HF-Transistoren

Bei Transistoren für höchste Frequenzen scheint sich das Mesa-Prinzip durchzusetzen. Dieser Technologie hat sich vor allem die Firma *Siemens* gewidmet. Aus den im vorigen Jahr gezeigten Mustern M 1 und M 2 wurden die jetzt endgültigen Typen AFY 10 und AFY 11 entwickelt. Diese Germanium-Mesa-Transistoren sind in erster Linie für kommerzielle Anwendungen bestimmt. Beachtlich sind die hohe Verlustleistung von 180 mW bei 45°C, der Kollektorspitzenstrom von 70 mA und die sehr hohen Grenzfrequenzen von einigen hundert Megahertz. Bild 1 zeigt als Schaltbeispiel einen 200-MHz-Oszillator mit dem Transistor AFY 10, der eine Leistung von 75 mW abgibt. Der im Bild 2 dargestellte Leistungsverstärker für 200 MHz mit Transistoren AFY 11 liefert 200 mW HF-Leistung, wobei der Wirkungsgrad noch 65% ist. Tab. I gibt die wichtigsten Daten der Transistoren AFY 10 und AFY 11 wieder. Die weiteren Mesa-Transistoren AFY 12 und AF 106 von *Siemens* sind für die Verwendung in Empfängern bei sehr hohen Frequenzen (Fernsehtuner) bestimmt. Bei diesen Transistoren ist im Gegensatz zu den Typen AFY 10 und AFY 11 der Kollektor vom Gehäuse isoliert. Sie sind in TO-18-Gehäusen untergebracht.

Für Rundfunkzwecke liefert *Siemens* verschiedene nach dem Diffusionslegierungsverfahren hergestellte Transistoren, so den Typ AF 114 für UKW-Vorstufen, den AF 115 für UKW-Mischstufen, den AF 116 für ZF-Verstärker 10,7 MHz und den AF 117 für Vor-, Misch- und ZF-Stufen in AM-Empfängern.

*Standard Elektrik Lorenz* brachte kürzlich die diffundierten npn-Silizium-Mesa-Transistoren der Firma *STC* auf den Markt. Von den zwei lieferbaren Typen ist der TK 200 A für Ferritkernschaltkreise und für Leistungsoszillatoren bis 10 MHz geeignet, während der TK 250 A als schneller Schalter bei Strömen bis zu 250 mA oder als Treibertransistor für Leistungsstufen bis 10 MHz bestimmt ist.

Beide Transistoren sind auch in Epitaxialtechnik lieferbar. Die wichtigsten Daten sind in Tab. II zusammengestellt.

*Telefunken* hat eine interessante Neuentwicklung, den HF-Kleinleistungs-Germanium-Drifttransistor ALZ 10. Dieser Transistor hat

Tab. I. Kenndaten der Siemens-Mesa-Transistoren AFY 10 und AFY 11

	AFY 10	AFY 11
$-U_{CE} = 5 \text{ V}, -I_C = 2 \text{ mA}$		
Frequenz für $\beta = 1$ .....	250 (> 150)	300 (> 150) MHz
höchste Schwingfrequenz .....	500	600 MHz
optimale Leistungsverstärkung in Basisschaltung bei 100 MHz .....	12...15	14...18 dB
optimale Leistungsverstärkung in Emitterschaltung bei 100 MHz .....	15...18	17...20 dB
Rauschfaktor bei 100 MHz ( $R_g = 60 \Omega$ ) .....	5,8	4,8 dB
Rauschfaktor bei 200 MHz ( $R_g = 60 \Omega$ ) .....	6,8	6 dB
Stromverstärkung bei 1 kHz .....	20 (> 10)	20 (> 10)
Rückwirkungszeitkonstante .....	35 (< 50)	25 (< 50) ps
Kollektorsperrschichtkapazität bei $-U_{CB} = 6 \text{ V}$ .....	1,4 (< 2)	1,4 (< 2) pF
$-U_{CE} = 10 \text{ V}, -I_C = 10 \text{ mA}$		
Frequenz für $\beta = 1$ .....	330 (> 200)	400 (> 200) MHz
höchste Schwingfrequenz .....	600	750 MHz
optimale Leistungsverstärkung in Basisschaltung bei 100 MHz .....	14...17	16...20 dB
Stromverstärkung bei 1 kHz .....	60 (> 25)	60 (> 25)
Rückwirkungszeitkonstante .....	28 (< 40)	20 (< 40) ps
Kollektorsperrschichtkapazität bei $-U_{CB} = 10 \text{ V}$ .....	1,2 (< 1,8)	1,2 (< 1,8) pF

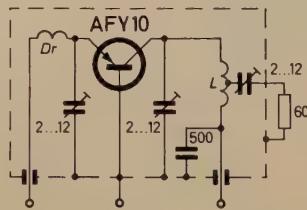
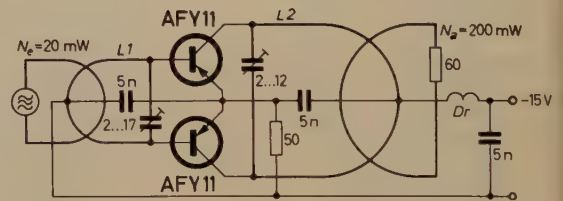


Bild 1 (links). Schaltung eines 200-MHz-Oszillators mit dem Siemens-Mesa-Transistor AFY 10




Bild 2 (rechts). Schaltung eines 200-MHz-Verstärkers für 200 mW Ausgangsleistung mit Mesa-Transistoren AFY 11




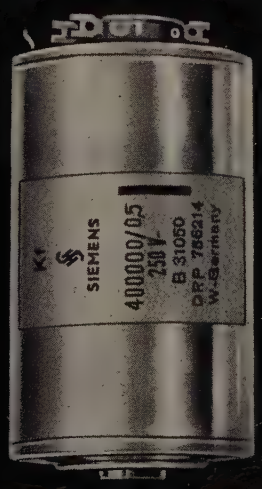
Tab. II. Daten der SEL-Silizium-npn-Mesa-Transistoren

Daten bei + 25°C	TK 200 A	TK 250 A
<b>Kleinsignal-Kennwerte</b> ( $I_C = 20 \text{ mA}, U_{CE} = 9 \text{ V}$ )		
Stromverstärkung in Emitterschaltung bei 1 kHz .....	> 8	> 8
bei 20 MHz .....	> 2,5	> 2,5
Grenzfrequenz in Basisschaltung .....	10 MHz	10 MHz
<b>Großsignal-Kennwerte</b>		
Kollektor-Basisreststrom .....	< 1 $\mu\text{A}$	< 1 $\mu\text{A}$
( $U_{CB} = 9 \text{ V}, I_E = 0$ )		
Kollektor-Emittersättigungsspannung .....	< 2,5 V	< 1,6 V
Basis-Emitterspannung .....	< 2 V	< 1,6 V
( $I_C = 200 \text{ mA}, I_B = 25 \text{ mA}$ )		
( $I_C = 200 \text{ mA}, I_B = 25 \text{ mA}$ )		
<b>Grenzdaten</b>		
Kollektor-Basisspannung bei offenem Emitter .....	40 V	40 V
Kollektor-Emitterspannung bei offener Basis .....	20 V	20 V
Emitter-Basisperrspannung .....	6 V	6 V
Kollektorstrom .....	0,5 A	0,25 A
Emitterstrom .....	0,6 A	0,285 A
<b>Verlustleistung</b>		
ohne Kühlfläche .....	2,5 W	0,5 W
mit Kühlfläche 16 x 16 cm .....	10 W	—
Sperrschichttemperatur .....	150°C	150°C
Lagertemperatur .....	150°C	150°C
Gehäuse (mit Kollektoranschluß) .....	T 03	T 09

eine maximale Verlustleistung von 0,5 W und ist kollektorgekühlt. Die mittlere  $\beta_1$ -Grenzfrequenz wird mit 40 MHz angegeben. Der ALZ 10 ist für Kleinsender im Kurzwellenbereich geeignet (Funk-Fernsteuerung).

$U_N$ in V <sub>~</sub>	C in pF	
30 und 50	100 bis 2200	 <p><b>Kleinstausführungen für die Miniaturtechnik</b></p>
125	1 bis 25000	
250	1000 bis 20000	 <p><b>Kleinausführungen für alle Zwecke</b></p>
500	2 bis 10000	
125 und 500	20 bis 12000	 <p><b>Dichtverlötete Kleinausführung für erhöhte Anforderungen</b></p>

Zwillings- und Standkondensatoren für erhöhte Anforderungen, insbesondere für sehr genaue Filter

125, 250 und 500	40 bis 50 000	 <p><b>Zwillingskondensatoren</b></p>
125, 250 und 500	500 bis 500 000	 <p><b>Standkondensatoren</b></p>

»Styroflex«-Zwillings- und Standkondensatoren sind auch in dichtverlöteter Ausführung lieferbar

  
**SIEMENS**

**In Hochfrequenzschaltungen  
Siemens-  
»Styroflex«-Kondensatoren**

**Hohe zeitliche Konstanz  
Niedriger Verlustfaktor  
Hoher Isolationswiderstand**

Verlangen Sie bitte ausführliche Druckschriften.

B 103

**SIEMENS & HALSKE AKTIENGESELLSCHAFT**  
WERNERWERK FÜR BAUELEMENTE

Bei *Valvo* ergaben sich bei der Großserienfertigung der Transistoren in Diffusionslegierungstechnik beträchtliche Verbesserungen. Sie finden ihren Niederschlag in vier neuen Typen, die an Stelle der bisherigen HF-Transistoren geliefert werden. Der Mindestwert der Stromverstärkung ist jetzt 40 statt bisher 20. Beachtlich ist eine gleichzeitige Verringerung des Reststroms, was eine wirksamere Regelung ermöglicht. Der Maximalwert des Reststroms ist jetzt nur noch 8  $\mu$ A. Das bedeutet bei 60°C gegenüber den älteren Typen eine Abnahme des Reststroms um den Faktor 5. Die maximale Eingangsspannung konnte von 0,5 auf 1 V heraufgesetzt werden. Das Mischrauschen ist bei 200 kHz kleiner als 7 dB und bei 1 MHz kleiner als 5 dB.

Der neue Typ AF 114 von *Valvo* ist für rauscharme UKW-Vorstufen, der AF 115 für UKW-Misch- und Oszillatorstufen bestimmt. Der AF 116 wird für AM-FM-ZF-Verstärker geliefert, während der AF 117 im Mittel- und Langwellenbereich und in AM-ZF-Stufen Anwendung findet. Das Mischrauschen dieses Transistors ist bei 1 MHz etwa 3 dB. *Valvo* entwickelte auch einen Höchstfrequenztransistor (AF 102) für die Verwendung in Fernsehtunern, der noch bei 260 MHz verwendet werden kann. Er ist ebenso wie die vorgenannten Typen in Diffusionslegierungstechnik hergestellt.

2. NF-Transistoren

Auf dem Gebiet der NF-Transistoren hat sich die Lage weitgehend stabilisiert. Neuerungen gibt es nur bei einigen Spezialtypen, insbesondere für kommerzielle Anwendungen.

Tab. III. Daten der Kleinleistungstransistoren von Intermetall

Typ	Kennwerte bei $T_{ugb} = 25^{\circ}C$							
	Großsignal-Strom-verstärkung		Kollektor-reststrom		Grenz-frequenz		Knie-spannung	
	$B$	bei $-I_C$ [mA]	$-I_{CB0}$ [ $\mu$ A]	bei $-U_{CB}$ [V]	$f_{\beta}$ [kHz]	bei $-I_C$ [mA]	$-U_{CEK}$ [V]	bei $-I_C$ [mA]
ASY 12	> 20	600	< 20	12	15	50	< 0,6	600
ASY 13	> 20	600	< 20	12	15	50	< 0,6	600
ASY 14	> 25	125	< 10	10	12	10	< 0,35	125
Grenzwerte								
Kollektor-spannung		bei $R_{BE}$ bzw. $U_{BE}$ [V]	Kollektor-strom	Verlust-leistung bei $T_{ugb} = 45^{\circ}C$		Kristall-tempe-ratur		
$-U_{CE\max}$ [V]			$-I_{C\max}$ [mA]	$N_v\max$ [mW]		$T_j\max$ [ $^{\circ}C$ ]		
ASY 12		32	0,5	600	330	75		
ASY 13		60	0,5	600	330	75		
ASY 14		80	0,5	250	100	75		

Tab. IV. Technische Daten der neuen Intermetall-Leistungstransistoren

	CDT 1311	CDT 1313	CTP 1500	CTP 1503	CTP 1504	CTP 1508	CTP 1544	CTP 1545	CTP 1552	CTP 1553	CRT 1592
Kennwerte bei $T_{ugb} = 25^{\circ}C$											
Großsignal-Strom-verstärkung $B$ .....	80 (40...120)	80 (40...120)	50 (30...75)	50 (30...75)	50 (30...75)	50 (30...75)	50 (25...75)	50 (25...75)	50 (25...75)	50 (25...75)	> 12
bei $-I_C$ .....	2	2	5	5	5	5	25	25	25	25	25 A
Steuerspannung $-U_{BE}$ ....	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	V
für $-I_C$ .....	5	5	10	10	10	10	25	25	25	25	A
Kniespannung $-U_{CEK}$ ....	< 1,5	< 1,5	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,6 V
bei $-I_C$ .....	5	5	12	12	12	12	25	25	25	25	35 A
Grenzfrequenz $f_{\beta}$ .....	> 5	> 5	> 2	> 2	> 2	> 2	> 3	> 3	> 3	> 3	kHz
bei $-I_C$ .....	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	A
Wärmewiderstand $K_i$ .....	< 1,5	< 1,5	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 0,8 $^{\circ}C/W$
Grenzwerte											
Kollektorspannung $-U_{CB\max}$	60	100	100	80	60	40	60	80	40	100	80 V
Kollektorspannung $-U_{CE\max}$											
bei $+U_{BE} > 1V$ .....	55	80	85	75	55	38	45	65	35	80	V
Kollektorstrom $-I_{C\max}$ ....	5	5	15	15	15	15	25	25	25	25	35 A
Kristalltemperatur $T_j\max$ ...	90	90	100	100	100	100	100	100	100	100	95 $^{\circ}C$

*Intermetall* brachte die Kleinleistungstransistoren ASY 12, ASY 13 und ASY 14 heraus, die für Sperrspannungen von 32, 60 beziehungsweise 80 V ausgelegt sind. Die wichtigsten Daten sind in Tab. III zusammengestellt.

*Siemens* brachte die drei neuen Typen AC 108, AC 109 und AC 110 heraus. Diese Transistoren sind für die Verwendung in Vorstufen und in NF-Verstärkern gedacht.

*Telefunken* liefert als Treibertransistor für die Kleinleistungstransistoren AC 105 und AC 106 den neuen Treibertransistor AC 116. Er hat eine etwas größere Verlustleistung als der hierfür bisher eingesetzte OC 604.

*Valvo* baut den Spezialtransistor AC 107 für die Eingangsstufen von Tonbandgeräten. Ein solcher Transistor muß nicht nur rauscharm sein, sondern, da er in Emitterschaltung betrieben wird und am oberen Ende des Tonfrequenzbereichs noch keinen Abfall zeigen darf, eine relativ hohe Grenzfrequenz haben. Schließlich sollen Reststrom und Rückwirkungskapazität klein sein. Bei dem Typ AC 107 ist die Grenzfrequenz größer als 2 MHz, das Rauschen kleiner als 3 dB, die Rückwirkungskapazität kleiner als 14 pF und der Reststrom kleiner als 1,1  $\mu$ A.

3. Leistungstransistoren

Bei Leistungstransistoren konnten durch Verbesserungen der Technologie in der letzten Zeit beachtliche Fortschritte erreicht werden. Man ist bestrebt, den Wärmewiderstand zwischen Kristall und Gehäuse herabzusetzen und kommt heute zu Werten unter 1 $^{\circ}C/W$ . Ein weiterer wesentlicher Fortschritt ist, daß Germanium-Leistungstransistoren heute vielfach bis zu Temperaturen von 100 $^{\circ}C$  betrieben werden können. Es sind jetzt Transistoren mit Spitzenströmen bis zu 35 A lieferbar. Größere Fortschritte sind in Zukunft auch noch bei Silizium-Leistungstransistoren zu erwarten, zumal hierbei das Angebot aus der deutschen Fertigung noch sehr gering ist.

Ein ganz neues Programm von Germanium-Leistungstransistoren zeigte *Intermetall*. Diese Transistoren sind besonders für Spannungswandler und Schalter hoher Leistung bestimmt. Die wichtigsten Daten enthält Tab. IV.

Bei *Siemens* ist der *npn*-Silizium-Leistungstransistor SSi-MU $\beta$  20 erwähnenswert. Die Kollektorspitzenspannung ist bei 100 $^{\circ}C$  und 100  $\Omega$  zwischen Basis und Emitter 200 V, bei offener Basis 100 V. Der Kollektorspitzenstrom wird mit 10 A angegeben. Bemerkenswert ist die niedrige Restspannung, die bei 7 A Kollektorstrom kleiner als 0,6 V ist. Gerade bei Siliziumtransistoren ist es sehr schwer, niedrige Restspannungen bei hohen Strömen zu erhalten. Der angegebene Wert hält einen Vergleich mit den besten amerikanischen Typen aus. Die Verlustleistung bei 50 $^{\circ}C$  Gehäusetemperatur ist 100 W und bei 100 $^{\circ}C$  Gehäusetemperatur 25 W.

*Valvo* erweiterte sein Programm an Leistungstransistoren um die beiden 15-A-Typen ADZ 11 und ADZ 12. Beim ADZ 11 ist die Sperrspannung 40 V, beim ADZ 12 60 V, der Wärmewiderstand zwischen Kristall und Gehäuseboden ist bei beiden Transistoren kleiner als 1 $^{\circ}C/W$ .



**Zwei  
erreichen mehr ....**

**wenn sie einander ergänzen!**

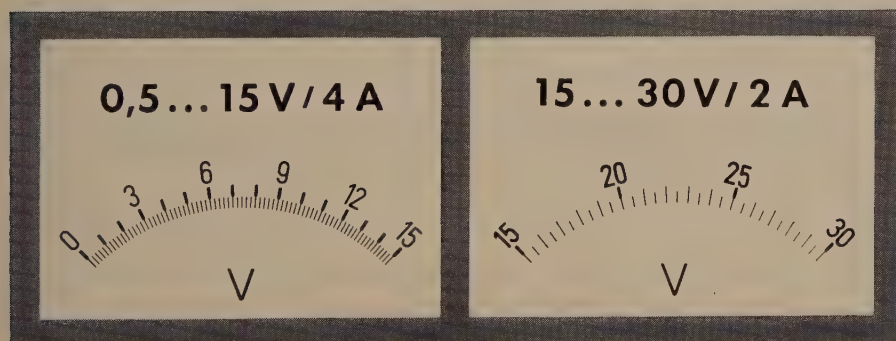


**GOSSSEN  
Konstanter**

Zwei sinnvoll aufeinander abgestimmte Tischgeräte aus der GOSSSEN-Konstanter-Serie, die in Tausenden von Fertigungsstätten, Laboratorien und Service-Werkstätten täglich eingesetzt sind.

Konstanter sind volltransistorisiert, haben geringen Innenwiderstand, gute Regeleigenschaften und hohe Konstanz.

Jetzt alle Modelle mit automatischer Sicherung und thermischem Überlastungsschutz.



#### **Kenndaten:**

##### **Konstanter 15 V / 4 A**

U: 0,5 ... 15 V in drei Bereichen  
I max: 4 A  
Ri: 0,015 Ohm  
Restwelligkeit: max. ca. 3 mV  
Regelverhältnis: 30 : 1  
Netzanschluß: 220 V, 40 ... 60 Hz  
Stahlblechgehäuse

##### **Konstanter 30 V / 2 A**

U: 15 ... 30 V in drei Bereichen  
I max: 2 A  
Ri: 0,03 Ohm  
Restwelligkeit: max. ca. 6 mV  
Regelverhältnis: 30 : 1  
Netzanschluß: 220 V, 40 ... 60 Hz  
Stahlblechgehäuse

Bitte informieren Sie sich auch über die anderen Modelle der GOSSSEN-Konstanter-Serie



**GOSSSEN**

**ERLANGEN - BAYERN**

4. Siliziumtransistoren

Bei Siemens sind jetzt 8 Typen von Siliziumtransistoren lieferbar, und zwar die npn-Ausführungen mit den Typenbezeichnungen BCY 13 bis BCY 16, die eine Verlustleistung von 470 mW haben. Vier weitere Siliziumtransistoren, BCY 17 bis BCY 20, sind als pnp-Ausführungen gebaut und haben eine Verlustleistung von 150 mW.

Bei Valvo lösen die Typen BCZ 10 und BCZ 11 die bisherigen Transistoren OC 200 und OC 201 ab. Der BCZ 12 hat eine Kollektorsperrspannung von 60 V, während die Emitterdiode 30 V verträgt. Als weiterer Hersteller von Siliziumtransistoren ist noch die Firma Intermetall zu nennen, die jedoch inzwischen keine neuen Typen herausbrachte.

Tab. V. Daten der Intermetall-Silizium-Vierschichtdioden

Typ	Kennwerte bei $T_{ugb} = 25^{\circ}C$						gemeinsame Kenn- und Grenzwerte aller Typen	Grenzwerte	
	Schaltspannung	Haltestrom	Schaltstrom	Sperrstrom bei $0,75 \cdot U_S$	differentieller Durchlaßwiderstand			zu- lässiger Dauer- gleichstrom	max. Impuls- strom für $t < 50 \mu s$
	$U_S$ [V]	$I_H$ [mA]	$I_S$ [μA]	$I_0$ [μA]	$r_D$ [Ω]	bei $I_D$ [A]		$I_D$ [mA]	$i_D$ [A]
4 D 20-3	20 ± 4	1...6	< 125	< 15	< 0,3	2	Haltespannung $U_h = 0,5...1,2 V$	50	2
4 D 20-12	20 ± 4	5...20	< 125	< 15	< 0,3	2		50	2
4 D 20-30	20 ± 4	19...45	< 125	< 15	< 0,3	2	inverse Abbruch- spannung $U_{ab} > 0,6 \cdot  U_S $	50	2
4 D 30-3	30 ± 4	1...6	< 125	< 15	< 0,3	2		50	2
4 D 30-12	30 ± 4	5...20	< 125	< 15	< 0,3	2	Schaltzeiten (schaltungs- abhängig)	50	2
4 D 30-30	30 ± 4	19...45	< 125	< 15	< 0,3	2		50	2
4 D 40-3	40 ± 4	1...6	< 125	< 15	< 0,3	2	$t_{ein} = 0,1 \mu s$ $t_{aus} = 0,2 \mu s$	50	2
4 D 40-12	40 ± 4	5...20	< 125	< 15	< 0,3	2		50	2
4 D 40-30	40 ± 4	19...45	< 125	< 15	< 0,3	2	zul. Umgebungs- temperatur $T_{ugb} = -40...+65^{\circ}C$	50	2
4 D 50-3	50 ± 4	1...6	< 125	< 15	< 0,3	2		50	2
4 D 50-12	50 ± 4	5...20	< 125	< 15	< 0,3	2		50	2
4 D 50-30	50 ± 4	19...45	< 125	< 15	< 0,3	2		50	2
4 D 80-3	80 ± 8	1...6	< 125	< 15	< 0,3	2		50	2
4 D 80-23	80 ± 8	5...45	< 125	< 15	< 0,3	2		50	2
4 D 120-3	120 ± 12	1...6	< 125	< 15	< 0,3	2		50	2
4 D 120-23	120 ± 12	5...45	< 125	< 15	< 0,3	2		50	2
4 D 200-3	200 ± 20	1...6	< 125	< 15	< 0,3	2		50	2
4 D 200-23	200 ± 20	5...45	< 125	< 15	< 0,3	2		50	2
4 AD 20-5	20 ± 4	1...10	< 125	< 15	< 0,3	5		300	20
4 AD 20-25	20 ± 4	9...45	< 125	< 15	< 0,3	5		300	20
4 AD 30-5	30 ± 4	1...10	< 125	< 15	< 0,3	5		300	20
4 AD 30-25	30 ± 4	9...45	< 125	< 15	< 0,3	5		300	20
4 AD 40-5	40 ± 4	1...10	< 125	< 15	< 0,3	5		300	20
4 AD 40-25	40 ± 4	9...45	< 125	< 15	< 0,3	5		300	20
4 AD 50-5	50 ± 4	1...10	< 125	< 15	< 0,3	5		300	20
4 AD 50-25	50 ± 4	9...45	< 125	< 15	< 0,3	5		300	20
4 J 100-5	100 ± 10	1...10	< 250	< 35	< 0,3	5		300	20
4 J 100-25	100 ± 10	9...45	< 250	< 35	< 0,3	5		300	20
4 J 200-5	200 ± 20	1...10	< 250	< 35	< 0,3	5		300	20
4 J 200-25	200 ± 20	9...45	< 250	< 35	< 0,3	5		300	20
4 G 50	50 ± 4	1...50	< 250	< 35	< 0,3	5		5000 <sup>1)</sup>	75
4 G 100	100 ± 10	1...50	< 250	< 35	< 0,3	5		5000 <sup>1)</sup>	75
4 G 200	200 ± 20	1...50	< 250	< 35	< 0,3	5		5000 <sup>1)</sup>	75

<sup>1)</sup> mit Kühlblech Al 100 × 100 × 2 mm

5. Vierschichtdioden

Von der AEG werden die im Bild 3 dargestellten Vierschichtdioden geliefert, die die Typenbezeichnungen BTZ 10 bis BTZ 13 haben. Sie sind nach Sperrspannungen gestaffelt und für einen Nennstrom von 15 A ausgelegt. Die wichtigsten Daten dieser gesteuerten Gleichrichter sind in Tab. VI zusammengefaßt. Das Programm von Intermetall enthält über 30 verschiedene Typen von npn-Silizium-Vierschichtdioden, die für Kippstufen, Zählschaltungen und als elektronische Schalter zu verwenden sind. Die wichtigsten Daten enthält Tab. V.



Bild 3. Hochstrom-Vierschichtdioden der AEG aus Silizium

Tab. VI. Daten der Silizium-Vierschichtdioden der AEG

	BTZ 10	BTZ 11	BTZ 12	BTZ 13		BTZ 10	BTZ 11	BTZ 12	BTZ 13
Nennwerte:					Grenzwerte:				
Nennstrom <sup>1)</sup>					Sperrspannung in Sperrrichtung ... $U_{SSmax}$	50	100	200	350 V
(Zulässiger arithmetischer Mittelwert einer sinusförmigen Stromhalbwelle, bezogen auf die volle Periode bei 50 Hz) $I_{Nenn}$		15 A <sub>arithm</sub>			Sperrspannung in Durchlaßrichtung ... $U_{SDmax}$	50	100	200	350 V
Sperrstrom in Sperrrichtung bei offenem Steuerkreis ... $I_{SS}$		< 10 mA			Stoßstrom (Scheitelwert einer 50-Hz-Halbwelle, anschließend mindestens 1 Minute Pause) ... $I_{Stoß}$		150 A		
Sperrstrom in Durchlaßrichtung bei offenem Steuerkreis ... $I_{SD}$		< 10 mA			Periodischer Spitzenstrom <sup>1)</sup> (Scheitelwert bei 50 Hz) ... $I_{Sp}$		75 A		
Haltestrom ... $I_h$		< 50 mA			$I^2 t$ (1 Halbwelle, 50 Hz) ... $I^2 t$		75 A <sup>2</sup> s		
Steuerstrom					Steuerstrom ... $I_{Stmax}$		1 A		
zum Einschalten der Zelle bei $U_{SD} > 6 V$ ... $I_{St}$		< 50 mA			Steuerspannung ... $U_{Stmax}$		5 V		
Steuerspannung					Temperaturgrenzen bei Lagerung ...		von - 50...+ 150°C		
zum Einschalten der Zelle bei $U_{SD} > 6 V$ ... $U_{St}$		< 3 V			Sperrschichttemperatur $\theta_{Smax}$		+ 125°C		
Thermischer Innenwiderstand ... $R_{i therm}$		< 2°C/W							
Einschaltzeit ( $t_{in} = t_a + t_v$ ) ... $t_{ein}$		< 2 μs							
Anstiegszeit ... $t_a$		< 1 μs							
Verzögerungszeit ... $t_v$		< 0,2 μs							
Ausschaltzeit ... $t_{aus}$		≤ 20 μs							

<sup>1)</sup> Diese Stromwerte dürfen auch bei nichtsinusförmigen Strömen nicht überschritten werden



## Cossor - der bewährte Kathodenstrahloszillograph der vibro-meter ag

Mehr als 70 000 COSSOR-Kathodenstrahloszillographen arbeiten heute auf der ganzen Welt. Die COSSOR-Geräte sind nicht nur für ihre Zuverlässigkeit, sondern auch für ihren niedrigen Preis bekannt. Der günstige Preis wird dadurch erreicht, dass jedes der 15 COSSOR-Modelle in Serien von nicht weniger als 1 500 Stück hergestellt wird. Die neuen COSSOR-Typen besitzen einen Schirmdurchmesser von 13 cm und Verstärker als einsteckbare Einheiten. — Ob Einstrahl- oder Spaltstrahltypen, der Fachmann findet in der COSSOR-Serie den Kathodenstrahloszillographen, den er sucht.

Grosse oder kleine Probleme —

# messen+prüfen=vibro meter

DEUTSCHLAND: VIBRO-METER GMBH Hannover, Leinstrasse 31/32, Telephon 13367  
SCHWEIZ: VIBRO-METER AG Fribourg-Moncor, Telephon 2 61 08  
OESTERREICH: VIBRO-METER GES. M. B. H. Wien III Unt. Viaduktgasse 47/49

CH. KREBS WERBEAGENTUR BERN  
FOTOS HILBER FRIBOURG

6. Tunneldioden

Für die Höchstfrequenztechnik gewinnen Tunneldioden in steigendem Maße an Bedeutung. Obwohl die Anwendungen zumeist noch im Anfangsstadium sind, haben einige Firmen intensive Entwicklungsarbeit geleistet und stellen schon eine ganze Reihe von Typen aus deutscher Fertigung zur Verfügung.

Von Siemens waren schon im vorigen Jahr Versuchsmuster zu sehen. Inzwischen wurden die drei Tunneldiodentypen Tu 1, Tu 2 und Tu 3 herausgebracht. Die wichtigsten Daten gibt Tab. VII wieder.

Tab. VII. Daten der Siemens-Tunneldioden

	$C_{min}$ [pF]	$-R_n$ [Ω]	$R_s$ [Ω]	$I_1$ [mA]	$I_1/I_2$
Tu 1 (grün)	< 100	< 150	< 1,8	$1,2 \pm 0,5$	> 4
Tu 2 (gelb) <sup>1)</sup>	< 50	< 250	< 2	$1,0 \pm 0,4$	> 5
Tu 3 (rot) <sup>1)</sup>	< 25	< 250	< 3	$0,5 \pm 0,25$	> 5

Spannung beim Strommaximum  $U_1 \approx 55$  mV

Spannung beim Stromminimum  $U_2 \approx 250$  mV

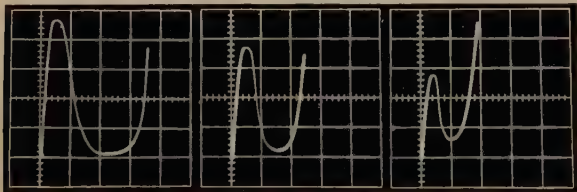
Gehäuseinduktivität  $L_0 \approx 1$  nH

maximal zulässige Verlustleistung  $Q = 20$  mW

Temperaturbereich  $-50 \dots +75^\circ\text{C}$

<sup>1)</sup> Von diesen Typen können auf Wunsch Tunneldioden mit Grenzfrequenzen > 1 GHz geliefert werden.

Auch Standard Elektrik Lorenz hat sein bereits im Vorjahr gezeigtes Tunneldioden-Programm weiterentwickelt. Außer Germanium-Tunneldioden sind nun auch Galliumarsenid-Tunneldioden lieferbar. Im Galliumarsenidkristall ist der Abstand zwischen Leitfähigkeits- und Valenzband größer als im Germaniumkristall. Infolgedessen ist die Talspannung und damit der negative differentielle Widerstand bei gleichem Höckerstrom etwa doppelt so groß wie bei Germanium-Tunneldioden. Galliumarsenid-Tunneldioden eignen sich wegen des größeren Spannungshubes besonders für bistabile Schaltungen. — Interessant ist das Temperaturverhalten von Germanium-Tunneldioden. Bild 4 zeigt Untersuchungen der SEL. Die Kantenlänge der



— 190 °C                      + 20 °C                      + 120 °C

Bild 4. Kennlinien einer Germanium-Tunneldiode der SEL bei verschiedenen Temperaturen

Tab. VIII. Technische Daten der Tunneldioden der SEL

	$I_H$ $\pm 10\%$ [mA]	$I_H/I_T$	$I_H/I_T$ [mA]	$U_T$ $-U_H$ [mV]	$I_{\max}$ [mA]	$U_H$ [mV]	$U_T$ [mV]	$\Delta U_{vs}^1)$ [mV]	$C_T^2)$ [pF]	$T_{\max}$ [ ° C]	$f_{gr}$ [MHz]
<b>Germanium -Tunneldioden</b>											
Schalt- und Verstärkertypen											
ED 110	3	2...15	$\left. \begin{array}{c} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \approx 200$	$\left. \begin{array}{c} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \approx 200$	$\left. \begin{array}{c} 4 \\ 20 \\ 60 \\ 60 \\ 110 \\ 110 \end{array} \right\} \approx 50$	$\left. \begin{array}{c} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \approx 250$	$\left. \begin{array}{c} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \approx 250$	$\left. \begin{array}{c} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \approx 250$	75	$\left. \begin{array}{c} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \approx 500$	
ED 111	15	2...15									
ED 112	50	5...15									
ED 113	50	2...5									
ED 114	100	5...15									
ED 115	100	2...15									
UHF-Typen											
ED 116	$\left. \begin{array}{c} \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \approx 200$	$\left. \begin{array}{c} \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \approx 200$	200	$\left. \begin{array}{c} \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \approx 50$	$\left. \begin{array}{c} \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \approx 250$	$\left. \begin{array}{c} \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \approx 250$	$\left. \begin{array}{c} \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \approx 250$	$\left. \begin{array}{c} 150 \\ 150 \\ 100 \\ 100 \end{array} \right\} \approx 250$	75	$\left. \begin{array}{c} 50...250 \\ 250...500 \\ 500...750 \\ 750...1000 \end{array} \right\} \approx 500$	
ED 117											
ED 118											
ED 119											
<b>Galliumarsenid-Tunneldioden</b>											
ED 201	1	10...50	2	$\approx 120$	$\approx 450$	$\approx 450$	$\approx 450$	$\approx 150$	55	$\approx 10$	
ED 202	10	10...50	15	$\approx 120$	$\approx 450$	$\approx 450$	$\approx 450$	$\approx 150$	55	$\approx 50$	
ED 203	30	10...50	40	$\approx 120$	$\approx 450$	$\approx 450$	$\approx 450$	$\approx 50$	55	$\approx 500$	

<sup>1)</sup> Spannungshub; <sup>2)</sup> Kapazität des pn-Überganges, gemessen im Stromtal.

Rechtecke entspricht vertikal 50 mA, horizontal 200 mV. Die Daten der SEL-Tunneldioden sind in Tab. VIII zusammengestellt.

Auch Telefunken stellt eine Tunneldiode her, die die Typenbezeichnung EA 100 hat. Bei ihr ist das mittlere Verhältnis von Höckerstrom zu Talstrom 6, der mittlere negative Widerstand 95 Ω und die höchste Oszillatorfrequenz größer als 1 GHz.

7. Kapazitätsdioden, Spezialdioden

Sehr schnell hat sich die Silizium-Kapazitätsdiode für die automatische Scharfabstimmung in UKW- und Fernsehempfängern durchgesetzt. Die anfänglich hierfür verwendeten Germaniumdioden sind im wesentlichen durch die nun speziell hierfür ausgelegten Siliziumdioden abgelöst worden. Nachdem Telefunken im vorigen Jahr zuerst solche Dioden herausbrachte, ist in diesem Jahr eine Anzahl von Firmen gefolgt.

Intermetall stellt die beiden Kapazitätsdioden BA 110 und BA 111 her. Die Diode BA 110 hat bei einer Sperrspannung von 2 V eine Kapazität von 10 pF, einen Serienwiderstand von 1,8 Ω und einen Verlustfaktor von  $11,3 \times 10^{-3}$  bei 100 MHz. Bei der Diode BA 111 sind die entsprechenden Daten 55 pF, 1,0 Ω und  $34,5 \times 10^{-3}$ .

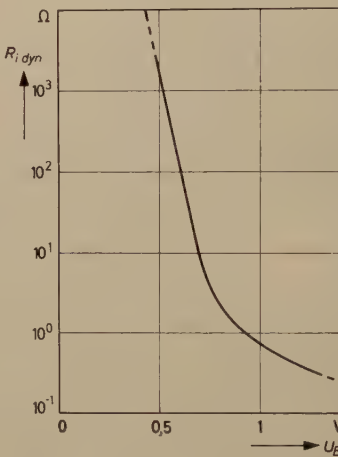


Bild 5. Dynamischer Innenwiderstand einer Silizium-Begrenzerdiode

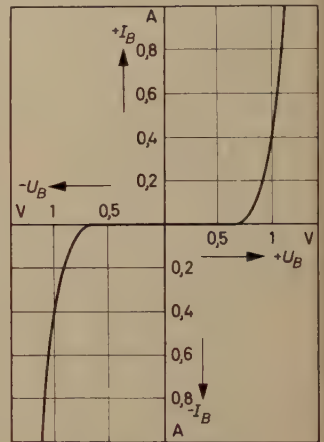


Bild 6. Kennlinie einer Begrenzerdiode von Eberle & Co.

Bei TeKaDe sind insgesamt 5 Typen von Siliziumdioden zum Einsatz in der Nachstimmautomatik in Fernsehempfängern und UKW-Geräten lieferbar.

Valvo bietet als Nachstimm-diode für Fernsehtuner die Siliziumdiode BA 102 an. Bei 4 V Sperrspannung hat diese Diode eine Kapazität von 30 pF. Der maximale Serienwiderstand ist 3 Ω. Bei 50 MHz ist die Güte der Serienschaltung von R und C etwa 65.

Neu in Deutschland sind Silizium-Begrenzerdioden, die von Eberle & Co. herausgebracht wurden. Wie Bild 5 zeigt, haben solche Dioden bis zu einigen hundert Millivolt einen sehr hohen Innenwiderstand, während oberhalb dieser Spannung der dynamische Widerstand sehr schnell abnimmt. Bild 6 zeigt die Kennlinie einer solchen Begrenzerdiode.

Für die Begrenzung und Gleichrichtung kleiner Spannungen dienen die Germanium-Miniatur-Flächendioden von Intermetall (Typen SFD 4, SFD 6 und SFD 7). Diese Dioden haben Sperrspannungen von 12, 20 und 50 V sowie eine Verlustleistung von 30 mW. Bei hohen Umgebungstemperaturen können zum gleichen Zweck die Silizium-Flächendioden BAY 18, BAY 19 und BAY 20 eingesetzt

# Höchste Empfindlichkeit minimales Rauschen . . . .

Modernste elektronische Forschungsarbeit der Hitachi-Ingenieure hat jetzt zur Entwicklung einer hervorragenden Käfig-Gitter Zwillingstriode 6R-HH8 mit äußerst hoher Verstärkung und niedriger Rauschcharakteristik geführt. Als ein Glied der Abstimm-Vorrichtung garantiert 6R-HH8 ein ausgezeichnetes Schirmbild mit bemerkenswerter Schärfe.

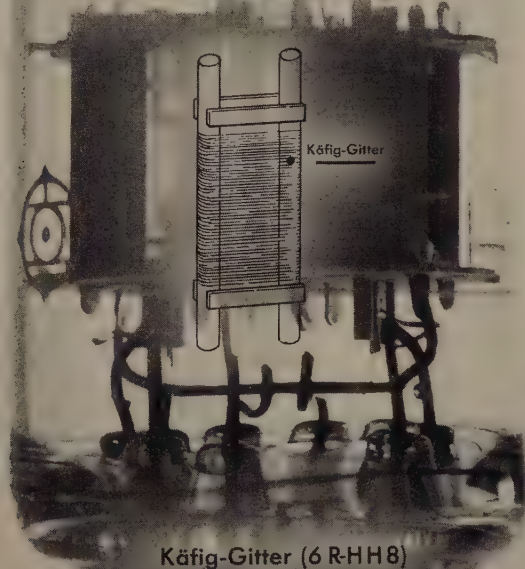


Fig. 1 Verstärkungscharakteristik

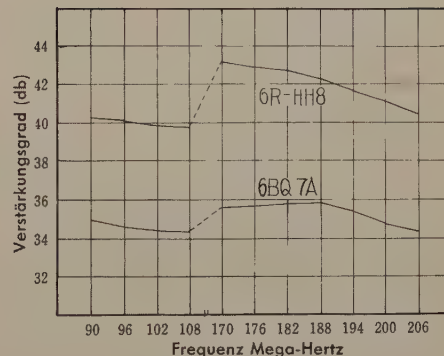
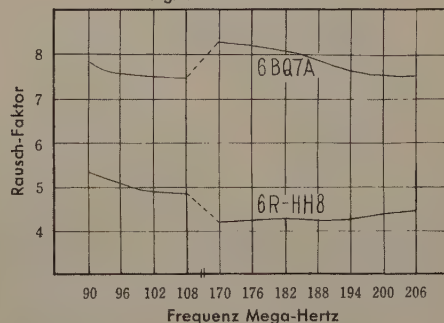


Fig. 2 Rauschcharakteristik



Hitachi fabriziert auch andere Empfangsröhren und Zubehörteile zum Fernsehen, die in Verbindung mit der neuen 6R-HH8 Röhre jedem Apparatebauer eine noch bessere Marktstellung einbringen, als er gegenwärtig einnimmt.



Automatisches Röhren-Prüfgerät



**Hitachi, Ltd.**

Tokyo Japan

Telegramm-Adresse: „HITACHY“ TOKYO

werden. Ihre Sperrspannungen sind 60, 110 und 160 V. *Intermetall* liefert als Neuheit noch die Golddrahtdiode AAY 13, die für Schalteranwendungen bestimmt ist. Der Impulsdurchlaßstrom ist 400 mA, die Verlustleistung 80 mW und die Sperrspannung 25 V.

## 8. Siliziumgleichrichter

Siliziumgleichrichter ersetzen heute zum großen Teil bereits Selen- und Germaniumgleichrichter und verdrängen auch Germaniumgleichrichter wegen ihres besseren Temperaturverhaltens. Zahlreiche Firmen bieten jetzt sogenannte Fernsehgleichrichter an, die zur Gleichrichtung der Netzwechselspannung in Fernsehgeräten dienen. Hierbei war besonders das Problem der im Netz bei direktem Anschluß häufig auftretenden hohen Spannungsspitzen zu lösen. Derartige Gleichrichter müssen eine relativ hohe Spitzensperrspannung aufweisen.

Bei der *AEG* werden Silizium-Leistungsgleichrichter für eine Nennanschlussspannung von 380 V<sub>eff</sub> (Typ Si 91) gebaut. Bild 7 zeigt eine Ausführung dieses Gleichrichters. Mit entsprechendem Kühlkörper liefert dieser Gleichrichter etwa 200 A Gleichstrom. Er kann auch zu einer Drehstrom-Brückenschaltung zusammengebaut werden. In diesem Falle ist bei 380 V Anschlussspannung der Nennstrom 270 A. Mit sechs Zellen eines weiteren Gleichrichters (Si 41) läßt sich in einer Drehstrom-Brückenschaltung die gleiche Leistung erreichen, wenn die Gleichrichter in einem Luftschacht mit Lüfter eingebaut werden.

Sehr umfangreich ist das Gleichrichterprogramm der Firma *Eberle & Co.* Es werden u. a. Silizium-Stabgleichrichter für 100 und 500 mA Richtstrom mit maximalen Spitzensperrspannungen bis zu 4000 V hergestellt. Weitere Typenreihen enthalten Siliziumgleichrichter für Richtströme von 10, 20, 30 und 60 A. Diese Gleichrichter sind mit Sperrspannungen zwischen 50 und 600 V erhältlich. Auch passende Kühlkörper stehen zur Verfügung. Für viele Anwendungen sind die jetzt lieferbaren fertig montierten Brückengleichrichter bis zu Richtströmen von 20 A sehr nützlich. Die Ausführungen von 1 A an aufwärts werden bis zu Anschlussspannungen von 450 V<sub>eff</sub> gebaut, die 1-A-Typen bis 750 V.

*Intermetall* liefert den Gleichrichter BYY 19 für 1000 V Sperrspannung und 1 A Richtstrom in Einwegschaltung (Widerstandslast). Bei Montage auf einem Kühlblech 100×100×2 mm kann der Nennstrom auf 2,8 A erhöht werden. Für die Anwendung in Fernsehempfängern ist der Silizium-Netzgleichrichter BY 102 bestimmt. Er kann bei Netzspannungen bis 240 V verwendet werden und liefert in Einwegschaltung mit Ladekondensator 0,4 A.

Ein weiterer Hersteller von Siliziumgleichrichtern ist die Firma *Semikron*. Interessant ist die Typenreihe SK 1. Der Gleichrichter

SK 1/10 für 380 V<sub>eff</sub> Anschlussspannung liefert dank der zusätzlichen Kühlrippen (Bild 8) einen Nenngleichstrom von 1 A. Die Gleichrichter werden für zulässige Spitzensperrspannungen von 200, 600 und 1000 V gebaut. Die Typenreihe umfaßt solche mit 1, 2,5, 5, 10, 25 und 35 A.

Bei der *Standard Elektrik Lorenz* werden nach dem Diffusionsverfahren hochsperrende Siliziumgleichrichter hergestellt. Die Toleranzen der Gleichrichtereigenschaften werden infolge des gleichmäßigen Aufbaues der Schichtstruktur des Kristallelements in sehr engen Grenzen gehalten. Bild 9 zeigt den Querschnitt eines solchen diffundierten 10-A-Siliziumgleichrichters. Der links im Bild sichtbare vergrößerte Schnitt durch das Siliziumplättchen stellt anschaulich den mit der Diffusionstechnik erreichbaren sehr ebenen *pn*-Übergang dar.

Der neue Gleichrichter der *SEL* liefert 10 A Nennstrom, hat 600 V Nennsperrspannung und ist in Drehstrom-Brückenschaltungen mit 380 V<sub>eff</sub> je Brückenzweig einsetzbar. Er kann mit Gehäusetemperaturen bis zu 140°C betrieben werden.

Auch *Valvo* stellt jetzt hochsperrende Siliziumgleichrichter her. Der Typ BY 100 ist als Fernsehgleichrichter ausgelegt. Die Spitzensperrspannung ist 800 V. Er trägt aber Spannungsspitzen von 1250 V für eine Zeitdauer von 10 ms. Die Einwegschaltung bei kapazitiver Last darf die periodische Stromspitze 5 A nicht überschreiten. Mit dem Gleichrichter soll ein Widerstand von 5 Ω in Reihe geschaltet werden. Bei 70° Umgebungstemperatur ist der Nenngleichstrom 750 mA. Ferner ist der Siliziumgleichrichter BYZ 14 für 20 A in Doppeldiffusionstechnik lieferbar. Die Durchbruchspannung liegt oberhalb von 800 V. Die Katode des BYZ 14 liegt an einem Gewindebolzen. Der Anodenanschluß ist flexibel ausgeführt. Für kommerzielle Anwendungen ist auch die Gleichrichterzelle BYY 10 gedacht, die eine Sperrspannung von 500 V hat. Solche Zellen können in Serie geschaltet werden und eignen sich so für die Anwendung in Röntgenanlagen.

Bei *Telefunken* ist als Neuerung eine Reihe von hochsperrenden Siliziumdioden zu nennen. Die Typen BAY 14, BAY 15 und BAY 16 haben Durchbruchspannungen, die größer als 500 V, 600 V und 800 V sind.

## 9. Zenerdioden

Eine besonders interessante Neuentwicklung sind die 100-W-Zenerdioden der Firma *Eberle & Co.* Diese Dioden vereinfachen das Problem der Stabilisierung höherer Ströme außerordentlich. Man kann sie auch als Vorstufe vor einen Transistorstabilisator setzen und so die Verlustleistung der Längstransistoren beträchtlich herabsetzen. Die 100-W-Zenerdioden sind mit Zenerspannungen zwischen 10 und 100 V lieferbar. Der dynamische Innenwiderstand liegt bei den 10-V-Dioden bei etwa 0,5 Ω und steigt bei den 100-V-Dioden bis etwa 30 Ω an.

Für viele Anwendungen sind Zenerdioden mit kleineren Zenerspannungen als 6 V erforderlich. Solche Dioden, und zwar mit Zenerspannungen zwischen 2,7 und 5 V, sind ebenfalls bei *Eberle & Co.* erhältlich. Der Anwender muß hier allerdings einige Nachteile in Kauf nehmen, da bei den Niedervolt-Zenerdioden der Zenerabbruch stark verrundet ist. Die Kennlinie hat angenähert exponentiellen Verlauf. Infolgedessen ist die Zenerspannung stark stromabhängig, vor allem bei kleinen Strömen. Nichtsdestoweniger sind solche Bauelemente für viele Anwendungen sehr nützlich, besonders wenn man die Dioden bei genau dem Zenerstrom aussucht, der den Anwendungsbedingungen entspricht.

Die Firma *Intermetall* hat unter Zenerdioden Silizium-Referenzelemente in ihr Programm aufgenommen. Die Typen BZY 22, BZY 23, BZY 24 und BZY 25 liefern eine Referenzspannung von 8,4 V bei einem Zenerstrom von 5 mA. Die angegebenen Typen unterscheiden sich durch ihren Temperaturkoeffizienten. Dieser ist beispielsweise beim BZY 22  $10 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$  und beim BZY 25  $1 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ .

*Telefunken* liefert jetzt eine Reihe von Leistungs-Zenerdioden BZY 14 bis BZY 21, deren Zenerspannungsbereich zwischen 5 und 19 V liegt. Diese neuen Zenerdioden haben 1 W Verlustleistung. Außerdem sind jetzt auch Zenerdioden mit 3 und 4 V Zenerspannung lieferbar (Z3, Z4).

Bei *Valvo* wurde das Zenerdiodenprogramm durch die Typen OAZ 208 bis OAZ 213 ergänzt. Es handelt sich hier um Referenzdioden in Allglasausführung mit Metallumhüllung. Sie haben eine Toleranz von  $\pm 20\%$ .

(eingegangen am 15. Juni 1961)

Bild 7 (links). AEG-Silizium-Gleichrichter Si 91

Bild 8 (unten links). Silizium-Gleichrichter SK 1/10 von Semikron

Bild 9 (unten rechts). Querschnitt eines diffundierten 10-A-Silizium-Gleichrichters der SEL; links ein vergrößerter Schnitt durch das Siliziumplättchen





## Photoelektrische Schaltgeräte

### Lichtschranken

komplett mit Ultra-Relais in vielen Ausführungen ab **DM 135.—**

### Mikro-Lichtschranken

mit Lichtspalt 2 - 5 mm, Gewicht 5 g, zum Einbau in Zeigerinstrumente, Waagen usw. **DM 37.—**

### Ultra-Relais

als Schaltgerät für Lichtschranken **DM 75.—**

### Photowiderstände und Elemente

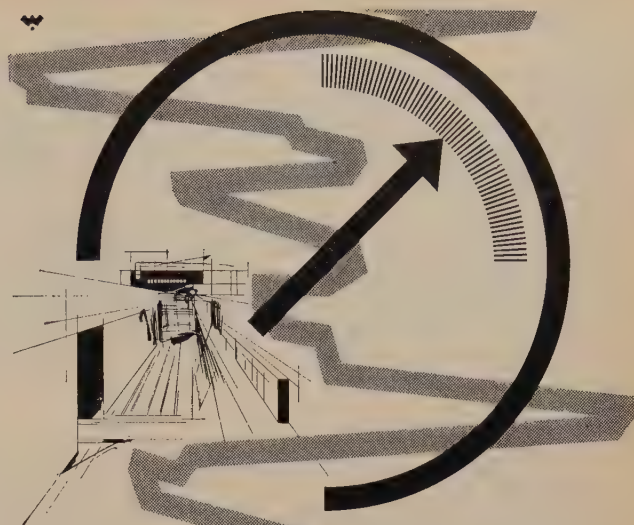
aus Cd S, Cd Se und Silizium für verschiedene Spektralbereiche für hohe Anforderungen, auch als Mikrozelle ab **DM 6.—**

**Verlangen Sie die Sammeliste 15 / ER**

Spezialfabrik lichtelektrischer Zellen und Apparate

**DR. BRUNO LANGE**

Berlin-Zehlendorf · Hermannstraße 14-18



## KELLER MESS- UND REGELANLAGEN

nichtelektrischer  
Größen:

Meßwertgeber für Feuchte,  
Temperatur und Druck

Regelrelais

Stellantriebe, Motorventile

Präzisions-Potentiometer

Zeitplangeber

Nachlauf-Potentiometer

Senden Sie uns Ihre Anfrage



**KELLER SPEZIALTECHNIK GMBH**

■ Laggenbeck/Westf.



EINERZEUGNIS DER DAYSTROM-GRUPPE



M 2 b

Ein Meßplatz mit **HEATH-GERÄTEN**  
für alle Prüf- und Abgleicharbeiten im  
Rundfunk-, Fernseh- und Phono-  
Service.

zum Bild v. l. n. r.:

### Tonfrequenz-Millivoltmeter

Mod. AV-3

Bausatz **DM 239,-**; Betriebsfertiges Gerät **DM 279,-**

### Abgleichgenerator

Mod. RF-1

Bausatz **DM 212,-**; Betriebsfertiges Gerät **DM 275,-**

### Breitband-Oszillograf

Mod. O-12/S

Betriebsfertiges Gerät **DM 699,-**

### RC-Generator

Mod. AG-9A

Bausatz **DM 289,-**; Betriebsfertiges Gerät **DM 339,-**

### Universal-Röhrenvoltmeter

Mod. V-7A/UK

Bausatz **DM 185,-**; Betriebsfertiges Gerät **DM 249,-**

Bitte ausschneiden. An Daystrom GmbH, Ffm., Niddastr. 49  
Bitte senden Sie mir unverbindlich nähere Informationen.

Name ..... Ort .....

Str.-Nr. .... Abt. MP. ....

# Fachliteratur von hoher Qualität



## Handbuch für Hochfrequenz- und Elektro-Techniker

- I. Band: 728 Seiten · 646 Bilder.....Ganzleinen 17,50 DM  
II. Band: 760 Seiten · 638 Bilder.....Ganzleinen 17,50 DM  
III. Band: 744 Seiten · 669 Bilder.....Ganzleinen 17,50 DM  
IV. Band: 826 Seiten · 769 Bilder.....Ganzleinen 19,50 DM  
V. Band: **Fachwörterbuch mit Definitionen und Abbildungen**  
810 Seiten · 514 Bilder.....Ganzleinen 26,80 DM  
VI. Band: 765 Seiten · 600 Bilder.....Ganzleinen 19,50 DM

## Handbuch der Automatisierungs-Technik

Herausgeber: Dr. REINHARD KRETZMANN  
Über 400 Seiten · Über 340 Bilder · 13 Tab. · Ganzleinen 36,— DM

## Handbuch der Industriellen Elektronik

von Dr. REINHARD KRETZMANN  
336 Seiten · 322 Bilder · Ganzleinen 19,50 DM

## Schaltungsbuch der Industriellen Elektronik

von Dr. REINHARD KRETZMANN  
224 Seiten · 206 Bilder · Ganzleinen 19,50 DM

## Elektrische Antriebe elektronisch gesteuert und geregelt

von Ing. GERHARD WEITNER  
179 Seiten · 236 Bilder · Ganzleinen 19,50 DM

## Spezialröhren

**Eigenschaften und Anwendungen**  
von Dipl.-Ing. FRITZ CUBASCH  
439 Seiten · 319 Bilder · 13 Tabellen · Ganzleinen 32,— DM

## Oszillografen-Meßtechnik

**Grundlagen und Anwendungen moderner Elektronenstrahl-Oszillografen**  
von J. CZECH  
Überarbeitete und bedeutend erweiterte Fassung  
von Czech: DER ELEKTRONENSTRAHL-OSZILLOGRAF  
684 Seiten · 636 Bilder · 17 Tabellen · Ganzleinen 38,— DM

## Fundamente der Elektronik

**Einzelteile · Bausteine · Schaltungen**  
von Baurat Dipl.-Ing. GEORG ROSE  
223 Seiten · 431 Bilder · 10 Tabellen · Ganzleinen 19,50 DM

## Elektrische Nachrichtentechnik

**I. Band: Grundlagen, Theorie und Berechnung passiver Übertragungsnetzwerke**  
von Baurat Dr.-Ing. HEINRICH SCHRÖDER  
650 Seiten · 392 Bilder · 7 Tabellen · 536 Formeln · 48 Rechenbeispiele · 97 durchgerechnete Aufgaben · Ganzleinen 36,— DM

## Fernsehempfänger

**Arbeitsweise · Schaltungen · Antennen · Instandsetzung**  
von HERBERT LENNARTZ  
248 Seiten · 228 Bilder · 7 Tabellen · Ganzleinen 22,50 DM

## Antennenanlagen für Rundfunk- und Fernsehempfang

von Dr.-Ing. AUGUST FIEBRANZ  
235 Seiten · 165 Bilder · 22 Tabellen · Ganzleinen 22,50 DM

## Klangstruktur der Musik

**Neue Erkenntnisse musik-elektronischer Forschung**  
Herausgegeben im Auftrage des Außeninstituts der Technischen Universität Berlin-Charlottenburg  
224 Seiten · 140 Bilder · Ganzleinen 19,50 DM

## Kompodium der Photographie

**I. Band: Die Grundlagen der Photographie**  
Zweite, verbesserte und erweiterte Auflage  
von Dr. EDWIN MUTTER  
358 Seiten · 157 Bilder · Ganzleinen 27,50 DM  
**II. Band: Die Negativ-, Diapositiv- und Umkehrverfahren**  
In Vorbereitung

## Wörterbuch der Photo-, Film- und Kinotechnik mit Randgebieten

**I. Band: Englisch · Deutsch · Französisch**  
von Dipl.-Ing. WOLFGANG GRAU  
664 Seiten · Ganzleinen 39,50 DM

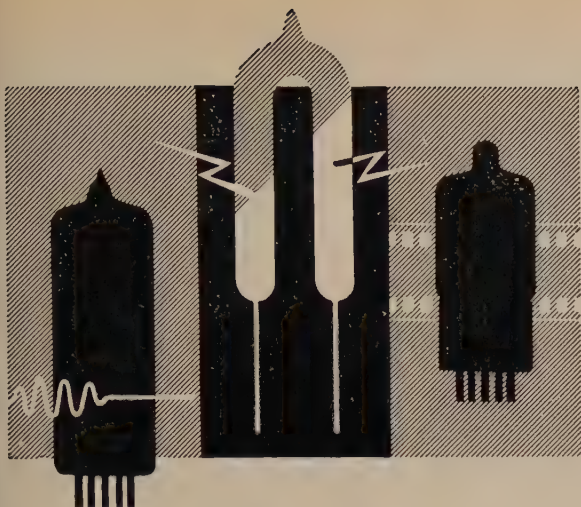
## Leuchtröhrenanlagen für Lichtreklame und moderne Beleuchtung

Vierte, wesentlich erweiterte und verbesserte Auflage  
von HERMANN SPANGENBERG  
77 Seiten · 46 Bilder · 7 Tabellen · 4,80 DM

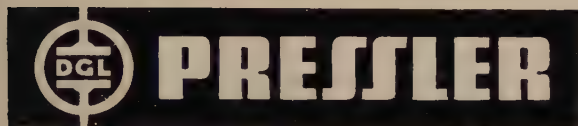


Zu beziehen durch jede Buchhandlung im Inland und Ausland sowie durch den Verlag · Spezialprospekte auf Anforderung

**VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH**  
**HELIOS-VERLAG GMBH** **Berlin-Borsigwalde**



**Photozellen  
Glimmlampen  
Stabilisatoren  
Glimmrelais  
Blitzröhren**



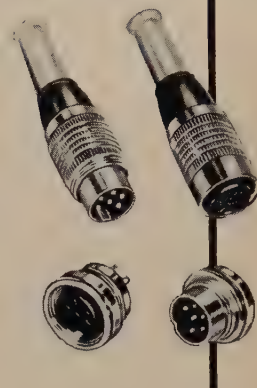
DGL-PRESSLER LEIPZIG



**...RÜTTELSICHER**



... gegen mechanische Impulse jeglicher Frequenz soll eine elektrische Kontakteinrichtung rauhsten Betriebsbeanspruchungen auf lange Lebensdauer zuverlässig gewachsen sein. Nicht Schönheitsfehler - vielmehr ernste Folgen können den Wert einer ganzen kostspieligen elektronischen Anlage in Frage stellen.



**TUCHEL-KONTAKT GMBH**  
Heilbronn/Neckar · Postfach 920 · Tel. \* 6001

Bitte besuchen Sie uns auf der Deutschen Rundfunk-, Fernseh- und Phonoaussstellung 1961 in Berlin auf unserem Stand Nr. 721 in Halle 7

# Oszillographen von MARCONI INSTRUMENTS



Einstrahloszillographen  
Zweistrahloszillographen

X-Verstärker 0 ... 2 MHz  
Y-Verstärker 0 ... 15 MHz

Direkte Zeitmessung  
Direkte Spannungsmessung

Laufzeitkette 0,25  $\mu$ /sec

Auskünfte und Unterlagen über Marconi-Meßgeräte —

**Meßsender  
Rauschgeneratoren  
Impulsgeneratoren  
Oszillographen  
Klirrfaktormeßgeräte**

**NF-Analysatoren  
Spektrums-  
analysatoren  
Zähler (bis 10 MHz)  
Frequenzmesser**

**Leistungs-  
messer  
Voltmeter  
Meßbrücken  
Q-Meter**

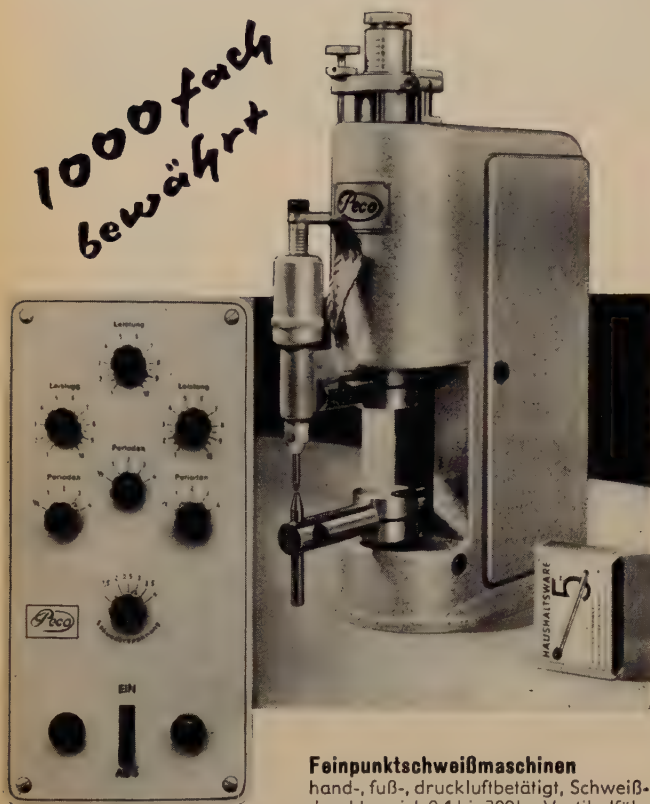
gibt Ihnen jederzeit gerne die GENERALVERTRETUNG



Micro-Schweißtechnik

## FEINPUNKTSCHWEISSMASCHINEN

1000fach  
bewährt



### Feinpunktschweißmaschinen

hand-, fuß-, druckluftbetätigt, Schweißdruckbereich 0,1 bis 300 kg. Vertikalführung durch Kugelschlitten, vollelektronisch gesteuert, exakte Schweißzeiten in Stromperioden, Leistungsregulierung durch Trafostufen und zusätzlich stufenlos durch Phasenanschnitt. Steuergeräte im Baukastensystem: Mehrperiodengeräte - Einkreiser, Mehrperiodengeräte - Dreikreiser. Kombinierte Maschinen für Schweiß- und Lötaufgaben (unter Schutzgas).

### Impuls-Schweißmaschinen

mittels Kondensator-Entladung nach System Dr. Früngel. Leistungsbereich 15 bis 400 Wattsekunden, netzunabhängige Steuerung. Druckluftbetätigte Maschinen für Punkt- und Flächenschweißung, Stumpfanschweißen von Drähten.

### Micro-Nahtschweißmaschinen

Vollelektronische Steuerung mit Phasenanschnitt-Regelung für feinste Materialien wie Folien und Metallgewebe.



## 24. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft

DK 061.3., 1961

Auf der Tagung (12. - 15.4. 1961 in Hannover) wurden 41 Fachvorträge gehalten.

Ein Vortrag von H. Baule von der Erdbebenwarte der Westfälischen Bergwerkskassens in Bochum behandelte die Vorteile der Magnetbandaufzeichnung bei der Zentralregistrierung seismischer Fernmessungen. Die Aufgabe der Bochumer Erdbebenwarte ist die Bestimmung der Ursachen oder des Herdes von Bodenerschütterungen, um gegebenenfalls zwischen Bergschäden und anders verursachten Schäden unterscheiden zu können. Hierzu werden Komponenten der Messungen von Zentral- und Außenstationen frequenz-, phasen- und amplitudenrichtig geeicht auf Magnetband aufgezeichnet. Aus dieser vollständigen und authentischen Originalaufzeichnung, wie sie auf Papierstreifen nicht möglich wäre, lassen sich später zur näheren Untersuchung und genauen Auswertung ausgewählte Stücke mit beliebig einstellbaren Frequenzgängen und Amplitudenregelungen sowie mit Zeitraffung oder Zeitdehnung auf Papierstreifen oder anderes Magnetband übertragen und damit gewisse Eigenschaften der seismischen Schwingungen nachträglich unter der Lupe nehmen. Auch kann man beim Abspielen durch Wahl einer bestimmten Übertragungscharakteristik andere (direkt schreibende) seismische Stationen simulieren und damit Aufzeichnungen schaffen, die denen jener Stationen direkt vergleichbar sind. Dies kann unter Umständen, zum Beispiel zur Lokalisierung von Erdbebenherden, sehr nützlich sein. Das 24 Stunden ohne Wartung mit 2,5 cm/s laufende Band hat sieben Spuren und ist nach der Pulsbreitenmethode moduliert. Abspielen mit bis zu 50facher Geschwindigkeit ist möglich.

Ebenso hat die Magnetbandtechnik in der Explorationsseismik übertragende Bedeutung erlangt, wie viele Vorträge und die Demonstrationen der Firmen *Seismos* und *Prakla* zeigten. Auch hier ist das Ziel ihrer Anwendung, die angebotene Information zuerst einmal möglichst vollständig aufzuzeichnen und erst später zu versuchen, charakteristische von nicht charakteristischer Information zu trennen und die Deutbarkeit zu erleichtern, entweder in einer planmäßigen, vorausgerechneten Operation oder, in unübersichtlichen Fällen, durch anfänglich einfaches Probieren.

Ein typisches Beispiel ist die Laufzeitkorrektur von Reflexionsseismogrammen. Wie sich aus Bild 1 durch eine einfache geometrische Überlegung ableiten läßt, ist der Schallweg längs eines an einer (ebenen, horizontalen) Diskontinuität im Erdboden reflektierten Schallstrahles in Abhängigkeit vom Abstand Schußpunkt ( $S$ ) - Meßort ( $G$ ) durch eine Hyperbel gegeben. Zeichnet man die von den in konstantem gegenseitigen Abstand aufgestellten Geophonen gemessenen Erschütterungen als Funktion der Zeit nebeneinander auf einem Streifen auf, dann erscheinen die von der Sprengung herrührenden und an dem gleichen Reflexionshorizont reflektierten Signale als auf einer Hyperbel liegend. Mit anderen Worten: die geometrischen Orte aller Punkte gleicher Phase sind Hyperbeln. Die Krümmung der Hyperbeln ist von der Tiefe der Reflektoren abhängig. Bei geneigten und gekrümmten Erdschichten wird das Bild ziemlich unübersichtlich. Deshalb verschiebt und verzerrt man die einzelnen Spuren beim Überspielen automatisch - mit Hilfe von Verzögerungsschleifen, die durch eine Recheneinrichtung gesteuert werden - so gegeneinander, daß die zum gleichen Reflexionshorizont gehörenden Signale möglichst in der natürlichen Lage dieses Horizontes erscheinen, zum Beispiel für ebene Horizonte auf Geraden. Damit erhält man oft recht gut gleichsam ein Schnittbild durch die Erde, mit den reflektierenden Schichtgrenzen markiert durch große Signalamplituden.

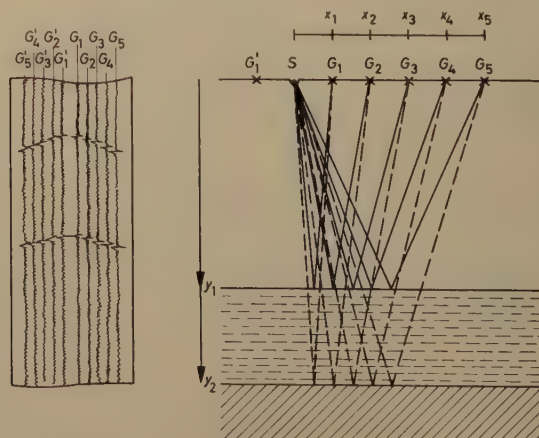
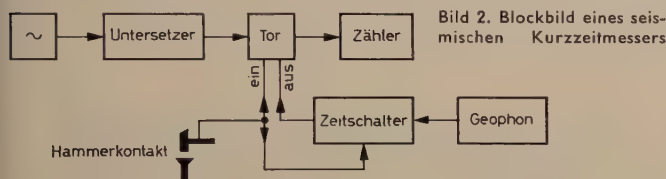


Bild 1. Schematische Darstellung einer reflexionsseismografischen Anordnung und eines zugehörigen Seismogrammes.  $S$  Schußpunkt,  $G_1 \dots G_5$  und  $G_1' \dots G_5'$  Geophone,  $s = \sqrt{x^2 + y^2}$  Laufweg

Eine andere viel verwendete Möglichkeit besteht im Entfernen von sogenannten „Multiplen“. Nicht existierende Schichten können im Seismogramm durch Vielfachreflexion an anderen Schichten vorgetäuscht werden. Hat man ein Signal als Folge multipler Reflexion erkannt, dann wünscht man, es zur Verbesserung der Übersichtlichkeit aus der Aufzeichnung zu löschen. Das läßt sich durchführen, indem man die Spuren so gegeneinander verschiebt und geeignete Spuren so miteinander überlagert, daß das unerwünschte Signal durch Interferenz weitgehend ausgelöscht wird. Hinterher müssen die Spuren wieder in ihre ursprüngliche Position gebracht werden. Der Projektionsschirm einer Braunschen Röhre, der während der Operation ständig den interessierenden Ausschnitt des korrigierten Seismogramms zeigt, erleichtert diese Arbeit sehr. Nennenswert sind noch Geophone mit drahtloser Übertragung, wie sie neuerdings verwendet werden, um das Auslegen langer Kabel zu vermeiden und auch das Nebensprechen zu verringern.

Über Erfahrungen mit einer neuartigen seismischen Hammerschlagapparat berichtete K. Deppermann vom Amt für Bodenforschung in Hannover. Die Apparatur dient zur Sondierung in geringen Tiefen und ermöglicht die Messung der Laufzeit eines durch einen Hammerschlag erzeugten seismischen Impulses zu zwei in relativ geringer Entfernung vom Erregungszentrum aufgestellten Geophonen. Zwei Kurzzeitmeßeinrichtungen, die in üblicher Weise die Perioden einer unersetzten Quarzfrequenz zählen, werden mit dem Hammerschlag aufgesteuert und durch den vom zugehörigen Geophon empfangenen Impuls zugesteuert und ermöglichen so eine direkte digitale Ablesung. Schwierigkeiten ergaben sich dadurch, daß oft entweder die Auslösung nicht durch den ersten ankommenden Impuls, sondern erst durch einen späteren Impuls größerer Amplitude oder aber bereits durch irgendeine Spitze der Bodenunruhe erfolgte, je nach Einstellung der Empfindlichkeit. Zur Bekämpfung dieser



Störungen verwendete der Vortragende einen einstellbaren Zeitschalter, der den Steuereingang von den Geophonen her bis kurz vor Ablauf der erwarteten Laufzeit sperrt (Bild 2). Damit ist die Wahrscheinlichkeit falscher Auslösung durch die Bodenunruhe herabgesetzt, das Signal/Rauschverhältnis verbessert und die Möglichkeit zu größerer Verstärkungseinstellung gegeben, so daß mit größerer Wahrscheinlichkeit der erste ankommende Impuls den Zeitzähler abschaltet. In der Diskussion wurde vorgeschlagen, gleichzeitig auf einem Oszillografen mit nachleuchtendem Schirm die Geophonschwingung und eine Zeitmarke für das Auslösen des Gerätes zu beobachten, wobei Fehlauflösungen sofort erkennbar wären. Ein anderer Vorschlag betraf Verbesserung des Signal/Rausch-Verhältnisses durch Kopplung mehrerer in geeignetem Abstand aufgestellter Geophone. Die Aufstellung soll so erfolgen, daß sich der Effekt der Bodenunruhe durch Interferenz abschwächt und das Signal verstärkt. Ein Vortrag von D. Lenners und H. Schmidt, Potsdam (gehalten von H. Schmidt), behandelte Vergleichsmessungen der erdmagnetischen Feldstärke an den etwa 500 km voneinander entfernten bulgarischen Orten Jansko und Burgas anlässlich der totalen Sonnenfinsternis vom 15. Februar 1961. Verwendet wurden Protonenmagnetometer, bei denen Wasserstoffatome in einer Flüssigkeit zuerst durch ein starkes angelegtes Magnetfeld ausgerichtet werden und dann nach Abschalten des Feldes eine gleichphasige Präzessionsbewegung um die Richtung des Erdfeldes ausführen. Die relativ leicht zu messende Präzessionsfrequenz ist der erdmagnetischen Feldstärke proportional. Die Meßfrequenz der einen stationen gelangte drahtlos zur anderen. Dort erfolgte der Vergleich auf elektronischem Wege.

Der Vortrag von H. Boie und H. J. Ulrich berichtete über aeromagnetische Messungen der *Prakla* über Nordwestdeutschland und die dafür eingesetzte Apparatur. Magnetische Messungen vom Flugzeug aus haben neben der großen Schnelligkeit den Vorteil, daß kleinere Feldanomalien nicht mehr aufgelöst werden und man damit eine gewissermaßen rauschreichere Aufzeichnung der wirklich interessierenden Information erhält. Für Messungen vom Flugzeug aus scheiden alle Magnetometer auf mechanischer Grundlage, wie zum Beispiel die Feldwaage, wegen der auftretenden Beschleunigungskräfte aus. Auch alle richtungsabhängigen Geräte sind ungeeignet. Als ideal erweist sich das Protonenmagnetometer auf Grund seiner mechanischen Unempfindlichkeit und der völligen Lageunabhängigkeit der Messung. Man erhält damit den Absolutwert der magnetischen Feldstärke. Der durch Frequenzteilung der Präzessionsfrequenz zunächst in digitaler Form vorliegende Meßwert wurde — für die spätere elektronische Auswertung —, auf Lochstreifen registriert und gleichzeitig in Analogform umgewandelt, mit einem Kompensationsreiber aufgezeichnet. Zur Ortung war eine mit der Meßanordnung synchronisierte Kamera in eine kreiselstabilisierte Plattform eingebaut,

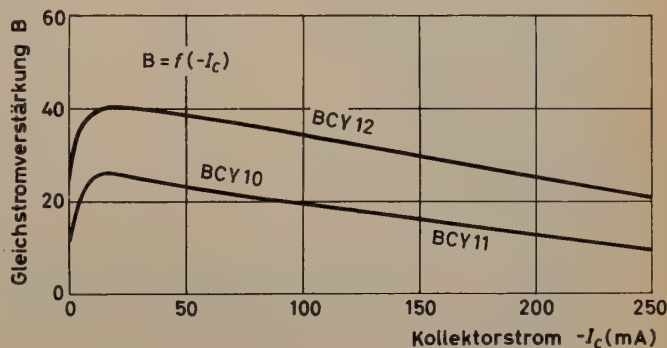
# VALVO

## BCY 10

## BCY 11

## BCY 12

### Neue Silizium-Transistoren für industrielle Steuerungs- und Regelungsanlagen



Reststrom bei 100 °C

≤ 0,1 µA

Grenzwerte:

Kollektorstrom

max. 250 mA

Kollektorscheitelstrom

max. 500 mA

Sperrschichttemperatur

max. 150 °C

VALVO GMBH



HAMBURG 1

die in Abständen das überflogene Gebiet aufnahm. Eine Anzeige von Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung mit Hilfe eines speziellen Dopplerradars mit vier schräg nach unten gerichteten Strahlen ist vorgesehen. Die Anzeige läßt sich zusammen mit anderen Angaben in eine Ecke des von der Kamera aufgenommenen Bildes einspiegeln. Die Flughöhe betrug 300 m, die Meßfolge über Grund 50 m. Die vorgezeichneten, in 2 km Abstand parallel verlaufenden Profillinien ließen sich mit einer Genauigkeit von  $\pm 80$  m abfliegen. Die Orientierung nach den Luftbildern war auf  $\pm 30$  m genau.

Der Besuch im Max-Planck-Institut für Aeronomie in Lindau im Harz, das die Institute für Stratosphärenphysik und für Ionosphärenphysik umfaßt, war hochinteressant, und eine erschöpfende Beschreibung würde bei weitem den Rahmen dieses Berichtes überschreiten. Zwei wichtige Tätigkeiten der beiden Institute seien aus der Vielzahl der Arbeitsgebiete herausgegriffen. Das Institut für Stratosphärenphysik betreibt ein ausgedehntes Radiosondenprogramm, insbesondere zur Erforschung der Strahlung in der oberen Atmosphäre. Bei der Herstellung der Meß- und Sendeapparatur, die im Institut selbst erfolgt, treten viele Probleme infolge der vorliegenden Druck- und Temperaturverhältnisse und anderer Witterungseinflüsse auf. Hinzu kommt, daß die Sonden praktisch auf Verlustkonto gesetzt werden müssen. Die Geräte schweben zwar nach Vernichtung der tragenden Ballons am Fallschirm herab; aber weil dies aus atmosphärischen Gründen meist bei Dunkelheit erfolgt, sind Beobachtung und Suche ziemlich aussichtslos. Auch das Anpeilen ist nicht hinreichend genau möglich, weil der schwache Sender am Boden, wenn nicht beim Aufschlag selbst zu Bruch gegangen, so doch wegen Fehlens einer guten Antenne meist nicht mehr wahrnehmbar ist. Von den mehreren zu einem Gespann vereinigten Ballons platzen im allgemeinen nicht alle. Früher blieb deshalb fast immer ein Teil der Ballons über dem am Boden liegenden Gerät stehen, was das Auffinden sehr erleichterte. Heute dagegen müssen wegen der erweiterten Flugsicherungsbestimmungen alle verbleibenden Ballons in einer gewissen Höhe über dem Erdboden automatisch abgeschossen werden.

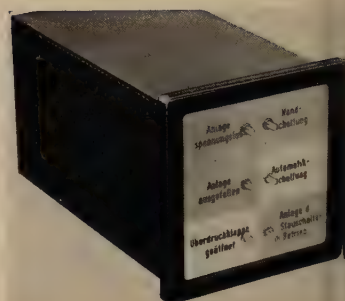
Eine ausgedehnte Anlage zur Sondierung der Ionosphäre mittels elektromagnetischer Wellen ist am Institut für Ionosphärenphysik im Bau und schon in größerem Rahmen in Benutzung. Gemessen wird wie üblich die Reflexion einer mittels rotierenden Drehkondensators mit großem Hub gewobbelten Welle. Eine Steuerung besorgt automatische Umschaltung von Antennen, Empfängern usw. in vorbestimmtem Ablauf. JRS

## ANGEWANDTE ELEKTRONIK

### Sammelstörmelder „RSM“

Die Besonderheit des neuen Störmelders „RSM“ der Firma *Franz Baumgartner* besteht in der gruppenweisen Zusammenfassung von sechs Meldern. Seine Abmessungen entsprechen denen der genormten Einbauminstrumente. Die einzelnen Störmelder sind als Einschübe ausgebildet und können für die verschiedenen Funktionen mit oder ohne Rückstell- oder Quittungstaste geliefert werden.

ELRU-Information 506



### Neuer pneumatischer Handprogrammschalter „KUPV“

Die *Fr. Sauter AG* hat für Zwecke der Steuerungs- und Regelungstechnik den pneumatischen Handprogrammschalter „KUPV“ auf den Markt gebracht, bei dem mit der zentralen Schaltwelle über einsteckbare Nocken pneumatische Dreiwegventile betätigt werden, deren Stellung den im Programm verlangten Schaltzustand der Anlage herbeiführt. Für Änderungen wird die Schaltwelle zusammen mit den darauf aufgebauten, die Schaltknocken tragenden Scheiben frontseitig herausgezogen, wobei der Wiedereinbau zwangsläufig nur in der ursprünglichen Lage möglich ist. Zu Kontrollzwecken lassen sich die Dreiwegventile mittels des nach oben herausragenden Druckknopfes auch einzeln von Hand betätigen.

ELRU-Information 507

### Vollelektrische fotografische Registrieranlage

Für viele Registrieraufgaben bietet die vollelektrische fotografische Registrieranlage von *Robot* die einzige Registriermöglichkeit. Sie arbeitet völlig unabhängig von jeder Bedienung am Aufnahmeort und kann daher auch zu Zeiten oder an Orten eingesetzt werden, wenn Handgriffe am

## CERBERUS KALTKATHODENRÖHREN

für zuverlässige elektronische Geräte

### Präzisions-Stabilisierungsröhren

Ausgezeichnete zeitliche Konstanz, grosser Stabilisierungsbereich, hoher Spitzenstrom, kleine Fabrikationsstreuungen und kleiner Innenwiderstand sind die hervorstechendsten Merkmale der Cerberus-Präzisionsstabilisierungsröhren.

Ein eingebauter Vorionisator gewährleistet einwandfreie Zündung auch in völliger Dunkelheit.

Die zweite Anode der Röhren SR 2, SR 3 und SR 5 gestattet die Vermeidung von Zündüberspannungen.

#### Technische Daten:

	SR 2 (SR 3)	SR 4	SR 5	SR 6 (SR 7)
Zündspannung $V_Z$	max. V 135 (155)	115	125	115 (145)
Stab. Spannung $V_B$	V $88 \pm 2$ ( $107 \pm 3$ )	$86 \pm 1$	$85 \pm 2$	84 (104)
gemessen bei	mA 30	1,5	5,5	1,5
Stab. Bereich	mA 2—80	0,5—5	1—10	0,5—5
Regulierung	max. V 2 (4)	1	4	1,5 (3)
im Bereich	mA 20—40	0,5—3	1—10	0,5—3
Änderung von $V_B$	$\pm$ max. V 1	1	1	1
in 20 000 h				
Sockel	Noval	Drahtenden	7—p. min	Drahtenden

### Unsere Kaltkathoden-Relaisröhren:

GR 15, GR 16, GR 17, GR 18, GR 19, GR 20, GR 21

Gerne stellen wir Ihnen ausführliche Unterlagen über Stabilisierungsröhren, Relaisröhren und Signallämpfen mit langer Lebensdauer zu.

**Cerberus AG Männedorf Tel. 051/74 15 55**

**SR 2**  
**SR 3**  
**SR 4**

**NEU:**  
**SR 5**  
**SR 6**  
**SR 7**

**CERBERUS**  
**ELEKTRONENRÖHREN**

In Westdeutschland Alfred Neye, ENATECHNIK, Darmstadt, Elisabethenstr. 17, Ruf: 76369, FS: 041 9357

Gerät entweder unmöglich oder mit Nachteilen für das Bedienungspersonal verbunden sind. Die Anlage, deren Kernstück die bekannte *Robot-Kleinbildkamera* ist, ist nach dem Baukastenprinzip aufgebaut. Eine Einbaualterung gewährleistet erschütterungsfreie Aufstellung der Anlage, und auch die einmalige optische Ausrichtung bleibt beim Austausch der Kamera erhalten. Aufnahmeserien über längere Zeitabstände können durch vorher einstellbare Zeitintervalle von 0,25 s bis zu 24 h durch Impulsgeber oder Steuergeräte ausgelöst werden, so daß vollautomatisch die Belichtung einer gesamten Filmlänge erfolgen kann.

ELRU-Information 508

### Einlötbare Relais für gedruckte Schaltungen

Als Abwandlung der üblichen *Clare-Relais* mit Stecksockel liefert *Souriau* nun auch eine Ausführung zum Einlöten in gedruckte Schaltungen. Es werden die bekannten Schaltampullen mit quecksilbergetränkten Kontakten verwendet, die in die Erregerspulen eingebettet sind. Das rechteckige Stahlgehäuse, das gleichzeitig als Abschirmung dient, ist mit Wachs vergossen. Je nach Typ variieren die Einbaumaße zwischen  $52,3 \times 15,8 \times 15,8$  mm und  $81,3 \times 19 \times 19$  mm.

Die beschriebene Ausführung weist alle Vorzüge der *Clare-Relais* auf: Lebensdauer bis zu mehreren Milliarden Schaltungen, völlig prellfreie Kontakte, gleichbleibender Übergangswiderstand, keine Beeinflussung durch die äußere Atmosphäre, Schaltfrequenz bis 200 Hz, Schaltleistung bis 250 VA.

ELRU-Information 509

### Halleffekt-Vervielfacher

Die von der Firma *Blackburn Electronics* entwickelten transistorisierten Halleffekt-Vervielfacher „BIE 293“ und „BIE 294“ sind in der Gruppe der Multiplikationselemente die präzisesten Recheneinheiten. Sie sind so aufgebaut, daß sie in Verbindung mit Analogrechnern und industriellen Meßsystemen eingesetzt werden können. Der Multiplikationsfehler und



die Abweichung von der Linearität sind kleiner als 0,5%, bezogen auf den gesamten Meßbereich. Die Bandbreite erstreckt sich von Gleichspannung bis 100 beziehungsweise 400 Hz. Die maximalen Eingangsspannungen liegen bei  $\pm 100 V_{SS}$  beziehungsweise  $\pm 100 mV_{SS}$ . Im wesentlichen bestehen diese Multiplikationselemente aus den beiden transistorisierten Eingangsverstärkern für Eingangssignale von  $\pm 100 V_{SS}$  beziehungsweise  $100 mV_{SS}$ , einem Indiumarsenidkristall in einem Magnetfeld und den transistorisierten driftkorrigierten Ausgangsverstärkern mit einer Ausgangsspannung von  $\pm 10 V$ .

ELRU-Information 510

### evartige Schnellverschlüsse

Die *Camloc Fastener Corp.* beliefert nun auch den europäischen Kontinent durch ihre Tochtergesellschaft *Camloc Fastener GmbH* mit den in den USA bereits bekannten Schnellverschlüssen, die sich durch besondere Einfachheit auszeichnen. Sie bestehen aus dem Verschlußzapfen, der in eine Bohrung eingesetzt wird und nicht mehr herausfallen kann, sowie dem Haltenocken, der entweder angepunktet oder angenietet wird. Eine Viertel-drehung des Zapfens genügt, um beide Teile zu verbinden (die Zapfenbelastung ist 136 kg) oder zu lösen. Neben diesem Verschluß werden noch weitere Typen gefertigt, von denen einer bis zu 2000 kg belastbar ist.

ELRU-Information 511

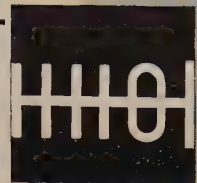
### Elektronische Verzögerungsrelais „32 200“ und „32 400“

Die *Haydon Comp.* liefert jetzt zwei neue elektronische Verzögerungsrelais, die bei Stoßbeanspruchungen mit 50 g für 11 ms oder mit 20 g bei einer Frequenz von 2 kHz noch auf  $\pm 10\%$  genau arbeiten. Die Rückstellzeit ist 15 ms, die Kontaktbelastung 10 A, 115 V<sub>~</sub> oder 28 V<sub>-</sub> bei ohmscher Last. Der Typ „32 200“ ist von 50 ms...120 s einstellbar und kann im Temperaturbereich  $-55...+125^{\circ}C$  eingesetzt werden, während der Typ „32 400“ nur zwischen  $-55...+100^{\circ}C$  arbeitet, wobei die Einstellzeit 120 s...20 min ist.

ELRU-Information 512

## ANTENNEN- LEITUNGEN

für UKW-Rundfunk  
und Fernsehen



## TONFREQUENZ- LEITUNGEN

für Elektroakustik,  
Meßtechnik und Elektronik



## HOCHFREQUENZ- KABEL

für Sendeanlagen,  
insbesondere FLEXWELL-Kabel



## DELAX- KABEL

zur Impulsverzögerung



Informieren Sie sich bitte eingehend  
auf unserem Stand 729/730 in der  
Halle 7 (Halle Mecklenburg).

Wir freuen uns auf Ihren Besuch.



HACKETHAL

HACKETHAL-DRAHT- UND KABEL-WERKE  
AKTIENGESELLSCHAFT · HANNOVER



SÜDDEUTSCHE TELEFON-APPARATE-, KABEL- UND DRAHTWERKE A. G. NÜRNBERG

Für hochwertige NF-Verstärker wurde der GERMANIUM-LEISTUNGSTRANSISTOR GFT 3008 entwickelt. Er eignet sich außerdem für Spannungswandler u. Regelzwecke. Die Typen 3408 und 3708 mit höherer Stromverstärkung und großer Spannungsfestigkeit lassen sich besonders als Schalter verwenden; max. Schaltleistung 180 Watt. Unsere vielseitigen Erfahrungen auf dem Halbleitergebiet und unsere vollautomatischen Fertigungseinrichtungen gewährleisten Bauelemente hoher technischer Güte. Das Halbleiterverkaufsprogramm der TE-KA-DE umfaßt ferner: NF-Vorstufen- und Endstufentransistoren, Drifttransistoren für KW und UKW Germanium- und Siliziumdioden – auch in Subminiaturausführung – Spezialdioden für VHF und UHF, Kupferoxydul-Meßgleichrichter und -Modulatoren.



## AUS INDUSTRIE UND WIRTSCHAFT

### H. L. von Gugelberg †

Die *Elestra AG* verlor am 1.7.1961 infolge eines tragischen Unfalls Herr Hans L. von Gugelberg, Präsident des Verwaltungsrates, der dem Unternehmen seit Gründung an führender Stelle angehörte.

### Neue Büros der Elektro Spezial GmbH in München und Stuttgart

Die *Elektro Spezial GmbH*, deren Vertriebsprogramm elektronische Meß-, Regel- und Registriergeräte und andere Spezialgeräte für Industrie und Forschung sowie Geräte des Fernmeldewesens umfaßt, eröffnete am 1. Juli 1961 je ein neues Büro in München und Stuttgart. Leiter des Büros in München, Nymphenburger Straße 139, ist Dipl.-Ing. Günter Thiele. Die Leitung des Büros in Stuttgart, Marienstraße 38a, hat Dipl.-Ing. Lothar Vix. In den Büros stehen für Interessenten die wichtigsten Geräte zur Vorführung ständig bereit.

### 7. Europäische Werkzeugmaschinen-Ausstellung vom 3. bis 12. September in Brüssel

Vom 3. bis 12. September 1961 findet in Brüssel die 7. Europäische Werkzeugmaschinen-Ausstellung statt, an der 762 Aussteller aus 10 westeuropäischen Ländern, davon 280 deutsche Firmen, teilnehmen. In den acht Hallen mit insgesamt 46000 m<sup>2</sup> Ausstellungsfläche werden Maschinen für Metallbearbeitung, Präzisionswerkzeuge, Spannzeuge, Meßzeuge, Druckgieß- und Spritzmaschinen, Härtemaschinen und Erwärmanlagen, Materialprüfgeräte sowie Zubehör für Werkzeugmaschinen einschließlich elektrischer, hydraulischer und pneumatischer Geräte zu sehen sein.

### Internationale Normentagung für Kinematografie

Vom 16. bis zum 20. Oktober 1961 tritt das technische Komitee 36 Kinematografie der ISO (International Organization for Standardization) zu seiner vierten Arbeitstagung in Garmisch-Partenkirchen zusammen. Vorherausgegangen waren ähnliche Tagungen 1952 in New York, 1955 in Stockholm und 1958 in Harrogate (England).

### Fachtagung „100 Jahre Elektroakustik“ vom 26. bis 28.10.1961

Gemeinsam mit dem Physikalischen Verein Frankfurt veranstaltet die Nachrichtentechnische Gesellschaft vom 26. bis 28.10.1961 im Großen Physikalischen Hörsaal der Frankfurter Universität eine Fachtagung unter dem Thema „100 Jahre Elektroakustik“ mit Vorträgen und Exkursionen.

### ACHEMA 1961 erfolgreich

Die ACHEMA-Tagung 1961, die im Rahmen des Europäischen Treffens für Chemische Technik vom 9. bis 17. Juni 1961 in Frankfurt am Main stattfand, hat alle Erwartungen sowohl hinsichtlich der Anzahl der ausstellenden Teilnehmer und der vorgeführten Erzeugnisse wie auch im Hinblick auf die Anzahl der Besucher aus dem In- und Ausland übertroffen. 1388 Firmen der apparateerzeugenden Industrie, Verlage und Forschungsinstitute aus 17 Ländern stellten in 23 Hallen und auf dem Freigelände mit einer Ausstellungsfläche von 85000 m<sup>2</sup> ihre neuesten Entwicklungen und Erzeugnisse zur Diskussion. Gleichzeitig wurden in 160 Fachvorträgen Probleme der Laboratoriumstechnik, der Meß- und Regeltechnik, der Werkstofftechnik, der Betriebstechnik und der Kerntechnik behandelt. Daneben liefen 62 Lehr- und Forschungsfilme in einem eigens hierfür hergerichteten Vorführraum.

### DECHEMA-Tätigkeitsberichte 1960

Die DECHEMA Deutsche Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen hat mit ihren Tätigkeitsberichten 1960 auf 76 Seiten DIN A 4 einen umfassenden Überblick über ihre technisch-wissenschaftlichen Arbeiten vorgelegt. Neben den Vorträgen und Kolloquien sind es vor allem zahlreiche Veröffentlichungen, durch die Fortschritte und Erfahrungen auf dem vom DECHEMA betreuten Fachgebiet allgemein bekanntgemacht werden.

### General Radio-Katalog 1961

Im Mai 1961 gab die *General Radio Corp.* (Deutsche Vertretung: Dr.-Ing. Nüsslein) den Katalog „Q“ heraus, der eine Übersicht über das gesamte Fertigungsprogramm an elektronischen Geräten für Forschung und Industrie einschließlich des Zubehörs bietet. Er enthält die Hauptgruppen: Meßbrücken, Koaxialbauteile, Verstärker, Frequenznormale, Generatoren und Oszillatoren, Stromversorgungsgeräte, R-L-C-Normale, Schall- und Schwingungsmessgeräte, Stroboskope, Varacs sowie Teile und Zubehör. Auf 256 Seiten werden die einzelnen Geräte, die fast alle abgebildet sind, beschrieben und mit technischen Daten und Preisen vorgestellt. Zwei Inhaltsverzeichnisse, ein alphabetisches und ein nach Typenbezeichnungen geordnetes, erleichtern das Auffinden bestimmter Artikel.

## Neue Aspekte im Zeichen der Elektronik

In nahezu allen Bereichen der Wirtschaft, Technik und Forschung eröffnen sich durch den Einsatz von Datenverarbeitungssystemen immer neue Möglichkeiten angewandter Elektronik.

Die dafür erforderlichen Entwicklungsarbeiten laufen in den **IBM LABORATORIEN**.

Dort stehen den Mitarbeitern großzügige Mittel und Einrichtungen zur Verfügung. Die Planung neuer Systeme, die Weiterentwicklung der Datenverarbeitung, das Anwenden von wissenschaftlichen Theorien in Praxis und Produktion stellt unsere Mitarbeiter vor ständig neue Aufgaben.

Deshalb sucht die IBM für ihre Laboratorien in Böblingen zu selbständigen Arbeiten auf dem **Systemplanungs-Sektor**

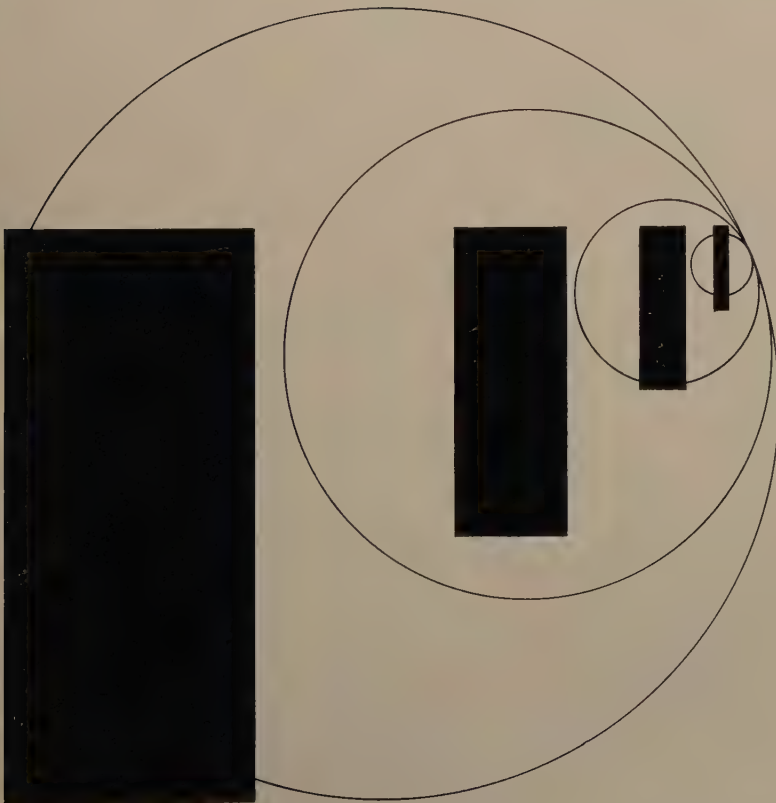
## Mathematiker Physiker und Elektro-Ingenieure

Wir erwarten mehrjährige Erfahrung in der elektronischen Datenverarbeitung. Gutes logisches Kombinationsvermögen ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Tätigkeit in Systemplanungsgruppen und für die Einarbeitung in technische und kaufmännische Organisationsprobleme.

Die Gültigkeit dieses Angebotes erstreckt sich auch auf das Jahr 1962, denn die wachsenden Zukunftsaufgaben, denen sich die IBM

gegenübersieht, bedingen eine fortlaufende Differenzierung und Erweiterung der einzelnen Spezialisten-Teams.

Wenn Sie den zukunftsreichen Weg der Mitarbeit in der IBM wählen wollen, dann senden Sie uns bitte Ihre ausführlichen Bewerbungsunterlagen unter Angabe der Kennziffer 760/II zu. Ihre Bewerbung wird rasch und streng vertraulich bearbeitet.



# IBM

Elektronische  
Datenverarbeitungssysteme  
Lochkartenmaschinen  
Elektrische Schreibmaschinen  
Elektrische und elektronische  
Zeitdienstanlagen

IBM Deutschland  
Internationale Büro-Maschinen  
Gesellschaft m.b.H.  
Personalplanung 760/II  
Sindelfingen bei Stuttgart



# TELEFUNKEN

sucht  
für sein im Aufbau befindliches Werk der  
**INFORMATIONSTECHNIK**  
**IN KONSTANZ AM BODENSEE**

## MITARBEITER

für die aktuellen Probleme der Automatisierung und Daten-  
verarbeitung.

Besonders interessant sind für uns zur Zeit erfahrene

**MATHEMATIKER**  
**PROGRAMMIERER**  
**SCHALTKREISTECHNIKER**

Bewerbungen werden mit Angaben über Ausbildung, beruf-  
liche Entwicklung und Gehaltserwartungen erbeten an

## TELEFUNKEN

G · M · B · H

Hauptpersonalabteilung Ulm  
Ulm/Donau · Elisabethenstraße 3

**SKF** Zur Untersuchung und Messung mechanischer Schwingungen  
mit elektronischen Geräten suchen wir für unser Labor einen

## Ingenieur (TH oder HTL)

der Fachrichtung Schwachstrom-, Niederfrequenz- und  
Hochfrequenztechnik, der gute Kenntnisse mitbringt und  
experimentell wirklich befähigt ist.

Reichen Sie uns bitte Ihre schriftliche Bewerbung mit Lebens-  
lauf, Zeugnisabschriften und Lichtbild unter Angabe Ihres  
Gehaltswunsches ein.

**SKF KUGELLAGERFABRIKEN GMBH**  
Stuttgart-Bad Cannstatt, Postfach 640

Am Institut für Nachrichtenverarbeitung  
und Nachrichtenübertragung der TH  
Karlsruhe ist die Stelle eines

## Fachschulingenieurs

(Elektrotechnik, Fachrichtung Nachrichtentechnik)

möglichst mit Erfahrung auf dem Gebiet der  
digitalen Technik für die Betreuung eines elek-  
tronischen Rechenautomaten zu besetzen. Ein-  
stellung nach TO. A V, spätere Hebung nach  
TO. A IV möglich. Einarbeitungsmöglichkeit  
wird geboten.

Bewerbungen mit den üblichen Unterlagen an  
die obige Anschrift.

## ELRU - Informationen

Wünschen Sie ausführliche Informationen über die in diesem Heft besprochenen Geräte und Anlagen oder über die im Anzeigenteil angekündigten Erzeugnisse?

Dann geben Sie uns bitte auf anhängender Karte durch Ankreuzen der jeweiligen Kennzahlen Ihre Wünsche bekannt. Wir geben Ihre Wünsche gern kostenlos und ohne Verbindlichkeiten für Sie an die Hersteller weiter.



ELRU - Informationen

8  
1961

ELEKTRONISCHE RUNDschau

ELRU - Informationen

Ich wünsche unverbindlich weitere Informationen über die Erzeugnisse, deren Kennzahlen angekreuzt sind, sowie über folgende im Anzeigenteil angekündigte Geräte und Anlagen.

461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480  
481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500  
501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520

(Gültig bis 30. 11. 1961)

Seite.....Firma.....  
Erzeugnis.....  
Seite.....Firma.....  
Erzeugnis.....

Anzeigenteil

(Name, Vorname, Beruf)

(Wohnort, Straße, Hausnummer)

(beschäftigt in Firma)

## Neue Erzeugnisse • Industrie-Druckschriften

8  
1961

### AEG

#### Blindleistungsregler „BR 35“

Um die Blindleistung in elektrischen Anlagen sicher kompensieren zu können, wurde der Blindleistungsregler „BR 35“ entwickelt. Ausführliche Beschreibung bringt die Druckschrift Z 23/Rgl 55393.

ELRU-Information 488

### Kleinschreiber

Die Frontrahmenmaße dieser Kleinschreiber für Strom, Spannung, Leistung und Frequenz entsprechen denen der Profilinstrumente 192×96 mm. Man kann die Kleinschreiber leicht auf Schalttafeln mit Anzeigegeräten kombinieren und mit Hilfe photoelektrischer Kontakte auch für Steuerungs- und Regelungszwecke einsetzen. Eine Übersicht über Meßbereiche und andere technische Daten sowie Zubehör bietet die Druckschrift Z 23/Ms 55052 d.

ELRU-Information 489

### BASF

#### Mitteilungen für alle Tonbandfreunde, Nr. 26

Aus der Vielfalt der in diesem kleinen Heft behandelten Themen sei besonders auf den Beitrag über magnetische Bildaufzeichnung hingewiesen. Ein

weiterer Kurzbeitrag befaßt sich mit dem Entmagnetisieren von Tonköpfen und Bandführungs teilen.

ELRU-Information 490

#### Franz Baumgartner Magnetschalter „M IV“

Der Magnetschalter „M IV“ arbeitet mit zwei stabilen Schaltstellungen, die durch die Polarität des Betätigungsmagneten bestimmt werden. Der Kontaktdruck ist 70...80 g. Der Schalter ist rüttelsicher und von fast unbegrenzter Lebensdauer. Je Sekunde sind 40 Schaltungen möglich. Diese berührungslosen Endschalter sind besonders zur Steuerung von Werkzeugmaschinen oder Fördereinrichtungen geeignet sowie zur Impulsgebung in Zählrichtungen.

ELRU-Information 491

#### Brüel & Kjær

##### Technical Review, Nr. 1/1961

Der Effektivwert statistisch schwankender Eingangssignale kann theoretisch nur bei unendlich langer Integrationszeit des gleichgerichteten Signals gemessen werden. Moderne Meßgeräte enthalten eine Integrationsschaltung, die den theoretischen Wert nur mit einer gewissen Genauigkeit zu messen gestattet. Es wird eine Reihe von

Formeln angegeben, die in den meisten praktischen Fällen die Beziehungen zwischen der Meßgenauigkeit und den Eigenschaften der Meßschaltung beschreiben und die auf die Integrationschaltung des Pegelschreibers „2305“ angewendet werden. Das dynamische Verhalten des Schreibsystems wird beschrieben und die wirksame Integrationszeit des Schreibers in Kurven dargestellt. Eine Diskussion der verschiedenen Einflußgrößen auf die Integrationszeit bildet den Abschluß.

ELRU-Information 492

### Elesta

#### Spannungsstabilisierungsröhren ES 12 und ES 13

Die neuen Spannungsstabilisierungsröhren ES 12 und ES 13 der Elesta (Deutsche Vertretung: Ernst Günther Hannemann) haben Reinformybdän-Katoden, niedrigen Innenwiderstand und lange Lebensdauer. Der Durchmesser ist nur 8 mm, die Länge maximal 33 mm. Die mittlere Zündspannung zwischen Anode und Katode ist 225 beziehungsweise 340 V, die Brennschaltung bei 2,5 mA Anodenstrom 190 beziehungsweise 298 V. Der Stabilisierungsbereich erstreckt sich von 0,5...8 beziehungsweise von 1,2...8 mA.

ELRU-Information 493

#### English Electric Valve Reflexklystron K 361

Insbesondere zur Verwendung in Doppler-Radarsystemen zur Geschwindigkeitskontrolle von Straßen- und Schienenfahrzeugen eignet sich das neue Reflexklystron K361 der EEV (Deutsche Vertretung: Willy List). Es arbeitet im Frequenzbereich 10700 bis 10725 MHz und hat maximal 27 mW Ausgangsleistung.

ELRU-Information 494

### G. E. C.

#### Beam-Tetrode KT 77

Zur Verwendung in NF-Verstärkern oder in stabilisierten Stromversorgungsgeräten eignet sich besonders die Beam-Tetrode KT77 dieser Firma (Deutsche Vertretung: A. Neye). Die Anodenverlustleistung ist 32 W, die maximale Anodenspannung 800 V. Weitere technische Daten sowie Kennlinien sind aus einem Datenblatt ersichtlich.

ELRU-Information 495

### General Radio

#### General Radio Experimenter, Nr. 5/1961

Mit dem neuen digitalen Zeit- und Frequenzmeßgerät „1130-A“ von GR (Deutsche Vertretung:



Enthält in den Augustheften folgende Beiträge:

## 1. Augustheft 1961 (15)

- Neuere Ausbildungsmöglichkeiten für Rundfunk- und Fernsehtechniker
- Ausbreitung und Aussendung im UHF-Bereich
- Empfang im UHF-Bereich
- »Toskana de luxe«. Ein 47-cm-Fernsehempfänger mit neuer Schaltung und in neuer Konstruktion
- Optische Kompensation der Zeilenstruktur des Fernsehbildes
- Automatische Überwachung und Programmregistrierung von FM-Sendern
- Einkreisempfänger in Reflexschaltung
- Leistungsstarke Sender-Endstufen für 435 und 145 MHz
- Rumpelfilter für Stereo-Platten
- Prüfgerät für Elektrolytkondensatoren
- Röhren-Endverstärker für Musikwiedergabe

## 2. Augustheft 1961 (16)

- UHF-Erfahrungen
- Das Messen der Eigenschaften eines Magnetbandes
- Der neue Frequenzplan für den UHF-Bereich
- Die amerikanische FCC-Stereo-Norm
- Magnetverstärker und ihre Dimensionierung
- Spannungsquellen auf thermoelektrischer Basis
- Leistungsstarke Sender-Endstufen für 435 und 145 MHz
- Tiefpaßfilter für KW-Amateursender
- Elektronisches Testbild
- Transistorisierung von Verstärkerzentralen
- Antennenrotor mit automatischer Abschaltung
- Schallplatten für den Hi-Fi-Freund
- Röhren-Endverstärker für Musikwiedergabe



FT-Kurznachrichten • Aus unserem technischen Skizzenbuch • Neue Bücher  
Beilagen: Halbleiter-Dioden, Wirkungsweise und Schaltungstechnik

VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH • Berlin-Borsigwalde

# POSTKARTE ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU

ELRU-Informationen

BERLIN-BORSIGWALDE

Eichborndamm 141-167

Dr.-Ing. Nüsslein) kann man Zeitintervalle von  $1 \mu s \dots 10^7 s$  sowie Frequenzen von  $0 \dots 10 \text{ MHz}$  mit hoher Genauigkeit messen. Der Meßfehler ist  $\pm 0,1 \mu s$  beziehungsweise  $0,1 \text{ Hz}$ . Nach einer ausführlichen Beschreibung dieses Gerätes und seiner einzelnen Baugruppen werden noch einige Zubehörteile aufgeführt, wie zum Beispiel der Drucker „1132-A“.

ELRU-Information 496

## Gossen Konstanter

Von den als Konstanter bezeichneten transistorgeregelten Gleichspannungsquellen für Labor und Service sind jetzt drei verschiedene Typen erhältlich. Der Typ „I“ liefert maximal  $4 \text{ A}$  bei  $0,5 \dots 15 \text{ V}$ , der Typ „II“ maximal  $2 \text{ A}$  bei  $15 \dots 30 \text{ V}$ . Beim Typ „III“ sind die entsprechenden Werte  $12 \dots 5,4 \text{ A}$  bei  $5 \dots 66 \text{ V}$ . Netzspannungsänderungen von  $10\%$  rufen eine Änderung der Ausgangsspannung von etwa  $0,3\%$  bei den ersten beiden Typen hervor und von maximal  $0,03\%$  beim Typ „III“. Weitere technische Daten von allen drei Konstanten enthält eine kleine Druckschrift.

ELRU-Information 497

## Karl Heim Niveaurelais „Tr 103“

Das Niveaurelais „Tr 103“ dient zur Niveauregelung elektrischer leitender Medien und schaltet

mittels zweier Wechselkontakte Ströme bis maximal  $2 \text{ A}$ . Als Ansprechwert kommt der Widerstand zwischen zwei Elektroden in Frage, die der Meßaufgabe entsprechend angepaßt sind. Das Relais ist in vier verschiedenen Ausführungen lieferbar, und zwar für Widerstandswerte bis  $50 \text{ k}\Omega$ , bis  $300 \text{ k}\Omega$ , bis  $1 \text{ M}\Omega$  sowie bis  $4 \text{ M}\Omega$ .

ELRU-Information 498

## Georg A. Henke Schnellthermometer „Indutherm“

Für sehr schnelle Temperaturmessungen in Flüssigkeiten, plastischen Massen oder Gasen eignet sich das elektrische Schnellthermometer „Indutherm“ (Vertrieb: Motoco GmbH) mit Thermistorfühler. Für andere industrielle Anwendungen sind auch Sonderfühler lieferbar. Die Temperaturanzeige erfolgt direkt in Grad Celsius.

ELRU-Information 499

## Hewlett-Packard hp-Journal, Nr. 7/1961

Bei Präzisionsmeßgeräten wird wegen der hohen Genauigkeitsanforderungen die Skala jedes einzelnen Instruments besonders geeicht und gezeichnet. Die vorliegende Nummer dieser Hauszeitschrift beschreibt ein Gerät, mit dessen Hilfe es möglich ist, Skalen für Präzisionsmeßgeräte

automatisch herzustellen und damit die Genauigkeit noch zu erhöhen.

ELRU-Information 500

## Hirschmann Band IV/V-Antennenanlagen

Für den Empfang der Fernsänder IV und V stellt Hirschmann verschiedene Antennenanlagen zur Verfügung, die mit ihrem Zubehör in einer besonderen Druckschrift zusammengefaßt sind.

ELRU-Information 501

## LEL Breitband-Vorverstärker „RF 52“

Diese Firma (Deutsche Vertretung: F. H. Frischer) hat mit dem Typ „RF52“ einen Verstärker herausgebracht, der sich insbesondere für Rauschmessungen oder zur Verwendung in Panoramaempfängern eignet. Die Mittelfrequenz ist  $160 \text{ MHz}$ , die Bandbreite  $80 \text{ MHz}$ . Seine Welligkeit ist kleiner als  $0,5 \text{ dB}$ .

ELRU-Information 502

## Max Müller Programmsteuerung „Eltropilot“

Die von Max Müller lieferbare Programmsteuerung „Eltropilot“ dient der Steuerung von Werkzeugmaschinen und besteht aus steckbaren Baueinheiten, die je

nach Aufgabe kombiniert werden können. Sie erlaubt das Programmieren bei häufigem Programmwechsel mit Stöpseln oder Programmkarten und bei seltenem Wechsel mit Programmplatten. Bei fest eingestelltem Programm bestehen Lötverbindungen.

ELRU-Information 503

## Muirhead Technique, Nr. 3/1961

Die neue Nummer dieser Hauszeitschrift berichtet zunächst über das Prüfgerät „K-26-A“ zur Kontrolle der Übertragungsgenauigkeit bei Drehmeldern. Es folgt die Beschreibung zweier weiterer Geräte, des transistorisierten Servoverstärkers „D-846-A“ und des Wetterkartenübertragers „D-990“.

ELRU-Information 504

## Valvo Kanalwähler für Fernsehempfänger

Diese neue Broschüre behandelt in sehr eingehender Form alle für den Kanalwähler wichtigen Begriffe und Daten. Ein erstes Kapitel ist der Definition und Messung der in den technischen Daten angegebenen Werten gewidmet. Es folgen dann Beschreibungen, Schaltungen und technische Daten der VHF- und UHF-Kanalwähler sowie Hinweise für den Betrieb.

ELRU-Information 505

H. RINN

#### Methoden der Kernphysik IV

Der Teil befaßt sich mit den Bauteilen, die die Registrierung der aufbereiteten Impulse ermöglichen, also mit Impulszähler und Uhr zur Einzelpulszählung einerseits und dem Mittelwertmesser zur analogen Registrierung der Impulshäufigkeit andererseits. Abschließend sind zur Vervollständigung des Gesamtüberblicks Koinzidenz- und Antikoinzidenzschaltungen angedeutet, Schaltungen also, die durch Vergleich der Reaktionen mehrerer Detektoren Rückschlüsse auf die zeitlichen Beziehungen von zwei oder mehr Kernprozessen ermöglichen.

Elektronische Rundschau  
Bd. 15 (1961) Nr. 9, S. 407—409

DK 621.374.3

NAUMANN

#### Gerät zur automatischen Messung der Häufigkeitsverteilung von Impulsabständen

Der Aufbau und die Wirkungsweise eines Gerätes beschrieben, das die Häufigkeitsverteilung der zeitlichen Impulsabstände von unregelmäßigen Impulsfolgen automatisch ermittelt. Das Gerät gibt die Verteilung der Impulsabstände auf 20 Zeitintervalle in digitaler Form an.

Elektronische Rundschau  
Bd. 15 (1961) Nr. 9, S. 412—414

DK 621.385.633.3.029.65

MELCHER

#### „RW0 40“ — Ein Rückwärtswellenoszillator für den Frequenzbereich 30...45 GHz

Der Rückwärtswellenoszillator „RW0 40“ findet insbesondere in Radaranlagen Anwendung, die mit schnellen Frequenzänderungen arbeiten, in Kabel-Übertragungssystemen, in der Höchsthäufigkeitsmeßtechnik und in der Mikrowellenspektroskopie. Es wird auf die Wirkungsweise und die Röhrenanordnung eingegangen und über den Betrieb des Rückwärtswellenoszillators sowie die Arbeitsweise berichtet.

Elektronische Rundschau  
Bd. 15 (1961) Nr. 9, S. 417

DK 621.314.1: 621.382.3

KNAUER

#### Transistor-Gleichspannungswandler 6 V/3 kV

Es wird ein Gleichspannungswandler mit Transistoren beschrieben, der mit einem serienmäßigen Fernseh-Zeilenausgangstransformator aufgebaut ist. Die Leerlaufspannung ist 3 kV, der Innenwiderstand etwa 750 k $\Omega$ . Bei etwa 10 V können maximal 1,7 mA entnommen werden. Die Schaltung ist vornehmlich für Anwendung im Labor bestimmt.

O. HILKE

#### Die Zentrale Cuxhaven der Elbe-Radarkette

Zur Überwachung des über 100 km langen Schifffahrtsweges von der Elbmündung bis zum Hafen von Hamburg wird eine Radarkette von sechs, teilweise unbemannten Stationen errichtet, deren Ergebnisse in den Radarzentralen Cuxhaven und Brunsbüttelkoog zur Überwachung des Schiffsverkehrs und zur Lotsenberatung ausgewertet werden. Die Übertragung der Radarinformationen zwischen den Radarstationen und den Radarzentralen erfolgt über Richtfunkstrecken, die außerdem noch Signale für andere Informationen und für die Fernbedienung der Geräte sowie eine Sprechverbindung übertragen.

Elektronische Rundschau  
Bd. 15 (1961) Nr. 9, S. 409—411

DK 621.375: 621.317.727.2

F. DOKTER

#### Ein Folgeverstärker zum Anschluß von Tochterinstrumenten an Kompensatoren

Beim direkten Anschluß eines Tochterinstrumentes an das Folgepotentiometer eines Kompensators treten Linearitätsfehler auf, deren Größe in diesem Aufsatz genau berechnet wird. Es wird angegeben, wie durch Anpassung des Innenwiderstandes der Speisequelle an das Folgepotentiometer der Linearitätsfehler verringert werden kann. Wenn eine Anpassung nicht möglich ist oder wenn der Fehler trotzdem zu groß wird, kann zwischen Potentiometer und Instrument ein Folgeverstärker geschaltet werden. Es werden die Schaltung und die Anwendungsmöglichkeiten dieses Verstärkers beschrieben.

Elektronische Rundschau  
Bd. 15 (1961) Nr. 9, S. 415—416

DK 65.011.56: 677

R. HÜBNER

#### Neue Automatisierungseinrichtungen in der Textilindustrie

Die neuesten Entwicklungen in der Photoelektronik kommen auch der Textilindustrie zugute. Hier kommt es vor allem darauf an, Fadenbrüche zu signalisieren sowie Webstühle zu kontrollieren und ihre Spulen nach Abwicklung automatisch auszuwechseln. Bisherige mechanische Ausführungen oder auf Spiegelreflexion beruhende Vorrichtungen befriedigten nicht. Erst die Anwendung von Verfahren, die auf der sogenannten Umkehrreflexion beruhen, brachte günstigere Resultate. Dank solcher Einrichtungen ist eine Erhöhung des Nutzeffektes und eine Qualitätsverbesserung des Produktes möglich geworden.

Elektronische Rundschau  
Bd. 15 (1961) Nr. 9, S. 420, 422, 424, 426, 428, 431, 432

DK 061.3., 1961

#### Nachrichtentechnik und Elektronik auf der 9. Jahrestagung der Elektrotechniker

Während der diesjährigen 9. Jahrestagung der Elektrotechniker vom 5. bis 10. Juni in Weimar fanden zunächst drei Sonderveranstaltungen statt, auf denen über besonders aktuelle technisch-wissenschaftliche Probleme gesprochen wurde. Es schlossen sich sieben Sondertagungen an, die der Standardisierung von Bauelementen der Elektrotechnik, den Werkstoffen für die Elektrotechnik, dem 400-kV-Programm, neuen elektrotechnologischen Verfahren, der Regelungs- und Steuerungstechnik mit kontaktlosen Steuerungen sowie der Elektrotechnik in der Landwirtschaft gewidmet waren. Im Rahmen eines Tagungsberichts sind die Gebiete zusammengefaßt, die wesentliche Beziehungen zur Elektronik haben.

## Summary

ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU, Vol. 15 (1961) No. 9

**F. H. RINN: Measuring Methods in Nuclear Physics IV** p. 401—404

This part IV deals with components for recording of pulses processed, i.e. pulse counter with clock and mean-value meter for analog recording of the pulse-repetition frequency. In conclusion, the survey is complemented by coincidence and anticoincidence circuits which compare the reactions of several detectors evaluating the same as to the time relation of two or more nuclear processes.

**O. HILKE: The Cuxhaven Center of the Elbe Radar Network** p. 405—406

To control the 65 miles long ship route from Elbe mouth to Hamburg port, a radar network of six stations, partly unattended, is under construction. The information thus obtained will be processed for ship-traffic control and to advise pilots in Cuxhaven and Brunsbüttelkoog radar centers. Radio links will transmit the information from radar stations to radar centers together with other information and will provide remote-control and telephone channels.

**G. NAUMANN: Automatic Measuring of Frequency Distribution of Pulse Intervals** p. 407—409

Described are the construction and operation of an equipment detecting by automatic means the frequency distribution of intervals between pulses of irregular repetition. The equipment gives readings of this distribution in 20 interval ranges as a digital output.

**F. DOKTER: Follow Amplifier for Connection of Slave Indicators to Compensators** p. 409—411

When a slave instrument is directly connected to the follow potentiometer of a compensator, linearity errors occur which are accurately calculated in the paper. This error can be reduced by matching the source internal resistance to the follow potentiometer. If no matching is possible or the error is large in spite of matching, a follow amplifier can be inserted between potentiometer and instrument. Circuit and application of this amplifier are described.

**H. MELCHER: RWO-40, a Backward Wave Oscillator for 30 to 45 Gc/s** p. 412—414

The backward-wave oscillator RWO-40 finds application especially in radar installations operating with fast frequency changes; in coaxial-cable transmission systems; in the SHF measuring technique; and in microwave spectroscopy. Described are the tube operation and the tube ratings as well as the mode of operation and operating features of the backward-wave oscillator.

**R. HUEBNER: New Equipment for Textile Industry Automation** p. 415—416

The latest developments in photo electronics are useful for the textile industry. Here the problem is to signal broken threads, to control looms and to automatically replace empty spools by full ones. No satisfactory operation may be had from mechanical designs or those employing mirror reflection; more favorable results were obtained from the so-called inverse-reflection methods. These equipments have increased the overall efficiency and improved the product quality.

**G. KNAUER: Transistorized Direct Voltage Converter 6 V : 3 kV** p. 417

A transistorized direct-voltage converter has been constructed with its series-produced horizontal-output transformer for TV. The no-load voltage is 3 kV, the internal resistance is 750 k $\Omega$ . A maximum current of 1.7 mA may be drained at about 1.7 kV. The circuit is designed to serve primarily experimental purposes.

**Telecommunication Technics and Electronics on the 9th Annual Meeting of Electrical Engineers** p. 420, 422, 424, 426, 428, 431—432

This year's ninth annual meeting of the Electrical Engineers in Weimar from June 5th to 10th featured first of all three special discussions on contemporary technical and scientific problems. The subsequent seven special meetings were devoted to standardizing of electrical components; materials used in the electrical industry; the 400-kilovolt program; new electro-technological methods; contactless control and regulation; and electrical appliances in agriculture. The report is an abstract of those topics essentially related to electronics.

## Le résumé

ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU, tome 15 (1961) No 9

**F. H. RINN: Méthodes de mesure en physique nucléaire — IV** p. 401—404

La présente partie traite des composants permettant l'enregistrement des impulsions mises en forme, c'est-à-dire d'une part des compteurs d'impulsions, avec chronomètre, pour comptage direct des impulsions, et d'autre part, des indicateurs de valeur moyenne pour enregistrement analogue de la densité des impulsions. Finalement, l'exposé est complété par des indications sur les montages de coïncidence et d'anti-coïncidence. Comparant les réactions de plusieurs détecteurs, ces montages permettent des déductions sur le déroulement dans le temps de deux ou plusieurs phénomènes nucléaires.

**O. HILKE: Le centre de Cuxhaven de la chaîne de radar de l'Elbe** p. 405—406

Pour surveiller la voie de navigation s'étendant sur plus de 100 km entre l'embouchure de l'Elbe et le port de Hambourg, on construit une chaîne de radar de six stations partiellement commandées à distance. Dans les centres de Cuxhaven et de Brunsbüttelkoog, les résultats sont exploités pour surveiller et guider la navigation. Entre les stations et les centres, les informations radar sont transmises par des lignes hertziennes qui, accessoirement, véhiculent aussi d'autres signaux, comme ceux de télécommande des installations, et une voie téléphonique.

**G. NAUMANN: Appareil pour la mesure automatique de la distribution de fréquence d'écart d'impulsions** p. 407—409

L'appareil, dont constitution et fonctionnement sont décrits, détermine automatiquement avec quelle fréquence se reproduisent les écarts dans le temps de trains irréguliers d'impulsions. Sous forme digitale, l'indication est faite par répartition des écarts d'impulsions sur 20 intervalles de temps.

**F. DOKTER: Amplificateur de liaison pour connexion d'un dispositif secondaire sur un compensateur** p. 409—411

Si on connecte directement un dispositif secondaire sur le potentiomètre asservi d'un compensateur, on constate des défauts de linéarité dont le calcul exact est effectué dans l'article. On montre que ces défauts peuvent être réduits en adaptant la résistance interne de la source d'alimentation au potentiomètre asservi. Si une telle adaptation n'est pas possible, ou si elle ne donne pas un résultat satisfaisant, on peut connecter un amplificateur de liaison entre le potentiomètre et le dispositif commandé. Schéma et possibilités d'utilisation de cet amplificateur sont commentés.

**H. MELCHER: «RWO 40» — Un oscillateur à onde arrière pour fréquences de 30 à 45 GHz** p. 412—414

L'oscillateur à onde arrière «RWO 40» est utilisé notamment dans des installations de radar travaillant avec variation rapide de la fréquence, dans la transmission par guides d'onde, pour des applications de mesure, et dans la spectroscopie par micro-ondes. Son principe et les caractéristiques du tube sont commentés, ainsi que son utilisation et son fonctionnement.

**R. HÜBNER: Nouveaux dispositifs d'automatisation dans l'industrie du textile** p. 415—416

L'industrie du textile profite surtout des progrès de la photo-électronique. Il s'agit essentiellement de la signalisation de ruptures de fil, du contrôle des métiers à tisser, et du remplacement automatique des bobines vides. Les anciens dispositifs mécaniques ou basés sur réflexion dans des miroirs ne sont pas satisfaisants. Ce n'est que depuis l'utilisation des procédés dits à réflexion inversée qu'on obtient de bons résultats. Grâce à ces dispositifs, on a pu augmenter le rendement tout en améliorant la qualité.

**G. KNAUER: Convertisseur à transistors, 6 V — 3 kV continu** p. 417

Le convertisseur décrit est équipé de transistors et utilise un modèle courant de transformateur de sortie lignes de télévision. Délivrant une tension de 3 kV à vide, il possède une résistance interne de 750 k $\Omega$  environ. Sous 1,7 kV environ, le débit peut atteindre 1,7 mA. Le montage est essentiellement destiné à des applications de laboratoire.

**Technique des télécommunication et électronique à neuvième congrès annuel des Electrotechniciens** p. 420, 422, 424, 426, 428, 431—432

Cette année, le congrès des Electrotechniciens avait lieu du 5 au 10 juin à Weimar. Il est d'abord rendu compte de trois réunions spéciales où l'on discutait des problèmes techniques et scientifiques actuellement importants. Ensuite avaient eu lieu sept cycles de conférences consacrés à la normalisation du matériel électrique, aux matières premières en électrotechnique, au programme d'équipement en 400 kV, aux nouveaux procédés technologiques, à la technique de régulation par commande sans contacts, ainsi qu'à l'électrotechnique rurale. Le compte-rendu résume les conférences ayant particulièrement trait à l'électronique.

# ROHDE & SCHWARZ

VERTRIEBS-GMBH

BERLIN

HAMBURG

KARLSRUHE

KÖLN

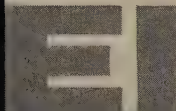
MÜNCHEN

## NEUES AUS UNSEREM VERTRIEBSPROGRAMM:

XY-Schreiber, digitale Meßgeräte, Präzisions-Gleichspannungsverstärker, Meßstellenumschalter, AC-DC-Converter, Digital-Analog-Converter, Meßwertdrucker u. a. m.

### XY-SCHREIBER

transistorisiert, mit Einschubtechnik, für den Einsatz im Labor und mit Analog- und Digital-Rechnern.  
Wahlweise Einschübe mit und ohne Differenzverstärkung, mit Bezugsspannung Zenerdiode oder Quecksilberzelle.  
Zeitbasis- und Kurvenfolger-Einschübe  
Hohe Schreibgeschwindigkeit 30 Zoll/sec  
Hohe Ablenkempfindlichkeit 0,5 mV/Zoll ... 100 V/Zoll  
16 geeichte Stufen und kontinuierlich geeicht  
Fehlergrenzen statisch  $\pm 0,1\%$  v. E.  
dynamisch  $\pm 0,15\%$  v. E.  
Eingangswiderstände 1 M $\Omega$  ... 4 M $\Omega$



Electro Instruments Inc.



### DIGITALE MESSGERÄTE

transistorisiert, für Gleichspannung, Gleichspannungsquotienten, Wechselspannung und ohmsche Widerstände.  
Kommaeinstellung automatisch, von Hand und fernbedient

Automatische Polaritätsanzeige  
Fehlergrenzen  $\pm 0,01\%$

Vier- oder fünfstellige Anzeige

Wahlweise mit und ohne Druckerausgang

Dezimalausgang binärcodiert oder Ziffern-  
ausgänge 0 ... 9



### GLEICHSPANNUNGSVERSTÄRKER

transistorisiert, in Einschubtechnik, unsymmetrisch oder mit Differenzeingang.

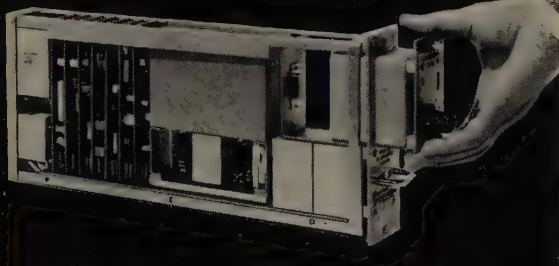
Frequenzbereich 0 ... 50 kHz

Verstärkungsfaktor von 1 ... 1000 einstellbar oder fest programmiert

Verstärkungsgenauigkeit 0,1% ... 0,01%

Drift  $< 2 \mu\text{V}$  über 200 Stunden

Ausgangsimpedanz 40 M $\Omega$ ,  $\pm 10\text{ V}$  bei  $\pm 100\text{ mA}$





## PI - Magnetbandgeräte - eine Ergänzung des vibro-meter Verkaufsprogrammes

Warum eine Wandschränke füllende Bibliothek, wenn dasselbe Wissen qualitativ und quantitativ in einem ebenso ästhetisch schönen Rahmen und dazu noch im transportablen Taschenformat erhältlich ist.

Die technischen Magnetband-Aufnahme- und Wiedergabegeräte der bekannten PRECISION INSTRUMENT COMPANY sind nicht nur technisch-funktionelle Spitzenprodukte, sondern bei optimaler Zweckmässigkeit für die Praxis auch formvollendete, schöne Konstruktionen, die jeden Fachmann begeistern.

Beachten Sie bitte, dass die PI-Geräte bei einem TOTALGEWICHT von 30 kg nicht nur bis zu 14 AUFNAHMEKANÄLE mit allen zugehörigen Direkt- und/oder FM-Verstärkern, sondern auch die KOMPLETTE RÜCKSPIEL-ELEKTRONIK in Form volltransistorisierter Steckeinheiten enthalten. Direkt bis 200 kHz, FM bis 20 kHz, Digitalmöglichkeit, 6 Bandgeschwindigkeiten zwischen 47,6 mm/Sek. und 1,52 Meter/Sek. sind Leistungen, die sonst nur Schrankgeräte oder Kleingeräte in Verbindung mit schrankförmigen Rückspielgeräten aufweisen.

Verlangen Sie unverbindliche Demonstration der PI-Geräte durch den zuständigen PI-Vertreter.



PI-Magnetbandgerät 7-Kanal  
mit aufgeklappter Kassette.

# messen+prüfen=vibro-meter

DEUTSCHLAND: VIBRO-METER GMBH Hannover, Leinstrasse 31/32, Telefon 13367

SCHWEIZ: VIBRO-METER AG Fribourg-Moncor, Telefon 2 61 08

OESTERREICH: VIBRO-METER GES. M. B. H. Wien III Unt. Viaduktgasse 47/49

CH. KREBS WERBEAGENTUR BERN  
FOTOS HILBER FRIBOURG

# F. L. MOSELEY CO.

TOCHTERFIRMA VON  
HEWLETT-PACKARD

Registrieren Sie Ihr Messergebnis  
mit Moseley «Autograf» und  
datenverarbeitendem Zubehör.



Modell 2D

X-Y-Schreiber «Autograf»	Modell	Papierformat	Einstellzeit für Vollausschlag	Empfindlichkeit		Zeitbasis (Vollausschlag)	Bemerkungen	0,2 % Genauigkeit	Preis DM mit Zoll
				Gleich- spannung	Wechsel- spannung				
	1	215×278 mm	1 sec	5 mV – 100 V	mit A1-Zusatz		Papier auf Trommel		5 493,–
	2 D	278×432 mm	50 cm/sec	7,5 mV – 150 V X-Achse	15 V – 150 V	7,5 – 750 sec	Verwendung von Papier auf Rollen möglich		12 136,–
	2 S		1 sec	5 mV – 100 V Y-Achse					10 220,–
	3 S	215×278 mm	0,5 sec	5 mV – 500 V	mit A1-Zusatz	5 – 500 sec			7 154,–
	4 B	278×432 mm	1 sec	7,5 V – 150 V X-Achse		7,5 – 750 sec	Gestellausführung. Schreibt zwei Kurven		18 447,–
	4 S			5 mV – 100 V Y-Achse			Gestellausführung		10 220,–
5 S	215×278 mm	0,5 sec	5 mV – 500 V	5 – 500 sec		Gestellausführung	8 048,–		
6 S	254×254 mm	< 1 sec	5 mV – 100 V		Gestellausführung. Papier auf Rollen	12 775,–			
Streifen- Blattschreiber	Modell	Papierbreite	Einstellzeit für Vollausschlag	Empfindlichkeit Gleichspannung	Eingangs- widerstand	Papiervorschub	Genauigkeit	Preis DM mit Zoll	
	80 A	250 mm	,25 sec	5 mV – 100 V	200 000 $\Omega$ /V max. 2 M $\Omega$	6 Geschw. 5 – 150 cm/min	0,2 %		11 165,–
Logarithmische Verstärker	Modell	Dynam. Bereich	Stabilität	Genauigkeit	Zeitkonstante	Empfindlichkeit Gleichspannung	Wechselspannung	Preis DM mit Zoll	
	60 B	60 db	± 0,5 db	± 0,5 db	20 db/sec	316 m – 316 V	1 mV – 100 V 20 Hz – 20 kHz		3 066,–

Lieferbarer Zubehör:

30A Lochkartenübersetzer  
40A Digitale Dateneinspeisung mit Tastatur  
F1 Kurvenfolgerzusatz

Änderungen vorbehalten / Frei Bahnstation Lieferort

A1 Wechselspannung / Gleichspannungs-Umwandler  
D1 Typendrucker zur Kurvenkennzeichnung

Die «AUTOGRAF» X-Y-Schreiber sind Geräte zur Registrierung von mechanischen, physikalischen oder elektrischen Größen in einem kartesischen Koordinatensystem. Mit dem Kurvenfolgerzusatz können sie zur Dateneingabe bei industriellen Fabrikationsprozessen verwendet werden. Weltweit bekannt in Forschungslaboratorien und Fertigungswerken.

Wir beraten Sie gerne bei Ihrem Messproblem und stehen auch für andere technische Auskünfte und Gerätevorführungen jederzeit zur Verfügung. Vertrieb und Kundendienst durch



## Hewlett-Packard

Vertriebsgesellschaft m. b. H.

Frankfurt am Main Technischer Verkauf und Kundendienst  
Sophienstrasse 8, Telefon 77 31 75 u. 77 94 25  
HPSA - 9A - 428

weltweit bewährt

## FAST-NEUTRON SPECTROSCOPY

by B. V. Rybakov and V. A. Sidorov

The authors, Soviet pioneers in the field, working with the one-and-one-half-meter cyclotron at the Institute for Atomic Energy, have developed one of the first and, possibly, best of the presently available spectrometers.

The electronic techniques used in fast-neutron spectroscopy (0.3-30 Mev) are described in detail, with main emphasis given to time-of-flight method which is new in this energy region.

122 pages • \$ 17.50

## CONTEMPORARY EQUIPMENT FOR WORK WITH RADIOACTIVE ISOTOPES

The methods and technological procedures used in the production of isotopes and the preparation of labeled compounds from them are reviewed in detail. Shielding and manipulative devices for the with radioactive isotopes are illustrated as well as described fully.

66 pages • \$ 15.00

## NUMERICAL METHODS FOR NUCLEAR REACTOR CALCULATIONS

by G. I. Marchuk

"As stated in the foreword, this book is an attempt at a more or less systematic exposition of numerical methods for the calculation of thermal, intermediate and fast neutron reactors. The author has admirably succeeded in this goal, his exposition of numerical methods for reactor calculations being the most complete yet published."

NUCLEONICS • 296 pages • \$ 60.00

## PHYSICS AND HEAT TECHNOLOGY OF REACTORS

"Mathematical physicists and especially those learned in nuclear sciences will welcome this book. It is frankly a revealing picture of the immense progress Soviet physicists have made in recent years. . . It includes. . . material of which little or nothing has so far appeared in any literature, and it therefore qualifies for a place in the library of the nuclear technician."

NUCLEAR ENERGY ENGINEER • 174 pages • \$ 22.50

## LIQUID-METAL HEAT TRANSFER MEDIA

by S. S. Kutateladze, et al.

This informative volume is devoted to the problems of utilizing liquid metal heat transfer media in nuclear power. Data on the study of heat removal by liquid metals obtained during the past ten years in the USSR, as well as abroad, in connection with problems of nuclear power are both systematized and generalized in this work.

150 pages • \$ 22.50

## PHYSICS OF FISSION

"... a handy and readable summary of fission physics. It is admirably written, containing an outline of all relevant facts without unnecessary details."

NUCLEAR PHYSICS • 140 pages • \$ 30.00

## THEORY OF THERMAL-NEUTRON NUCLEAR REACTORS

by A. D. Galanin

"The publication of a new source book on reactor theory is an event of some importance and the fact that this one is also the first to come out of the USSR makes it of even greater interest. . . This book will be of the very greatest value to all those engaged in reactor calculations and should become a standard text book on the subject. . ."

NUCLEAR PHYSICS • 296 pages • \$ 60.00

## NUCLEAR REACTIONS IN LIGHT NUCLEI

These ten reports are of exceptional interest in connection with thermonuclear fusion reactions. Extensive comparisons of all experimental data and a discussion of errors (and means of avoiding them) are also included in this outstanding work.

74 pages • \$ 15.00

## PRODUCTION OF ISOTOPES

The 18 papers which comprise this volume were originally read at the All-Union Scientific and Technical Conference of the Application of Radioactive Isotopes. The reports consider the problems and achievements of Soviet scientists in the production of radioactive isotopes by irradiation of targets in Soviet reactors and cyclotrons.

136 pages • \$ 50.00

Complete contents upon request.



# Genaueres Beobachten - richtiges Handeln



Für den Schutz industrieller Anlagen ist genaues Messen und richtiges Handeln Voraussetzung. PANTAM-Messcontacter sind

Ihnen hierbei zuverlässige Helfer

## MESSCONTACTER



PANTAM-Messcontacter mit rückseitig aufgebauter Folgeschaltung, Bauform „q3“, Flanschabmessung 144x144 mm

Bauform „q 3“ 144 × 144 mm für Schalt- und Meßwarten in der Industrie.

Das Gerät mißt und löst bei Über- und Unterschreiten bestimmter, einstellbarer Werte Schaltungen aus. Mit einer Blendenanordnung wird die Belichtung von Fotowiderständen beeinflusst und dadurch werden über eine transistorisierte Folgeschaltung Hilfsrelais gesteuert. Anzeige und Schaltung arbeiten im gesamten Skalenbereich ohne gegenseitige Beeinflussung. Die Kontaktmarken sind unabhängig voneinander über die ganze Skala verstellbar. Die Schaltgenauigkeit ist groß und der einstellbare Mindestabstand der Kontaktmarken klein. Die transistorbestückte Folgeschaltung arbeitet als echte Kippschaltung, ist an der Rückseite des Messcontacters abnehmbar aufgebaut und mit austauschbaren Steckrelais ausgerüstet. Bitte, fordern Sie Angebote an.



**GOSSEN** Erlangen/Bayern



TEXAS INSTRUMENTS

Wo Qualität und Zuverlässigkeit Bedingung sind:  
Halbleiter von TEXAS INSTRUMENTS!

## Neue Halbleiter von TI für die industrielle Elektronik

### 1. Gesteuerte Silizium-Gleichrichter für 25 A

Anwendungen

TYP	ART	$\pm U_D, V$	$I_D, A$	$I_{st}, A$	$I_R, mA$	$I_{GT}, mA$	
TI-150	PNPN	50	25	250	10	50	Motorsteuerungen, Servoschaltungen, Gleichrichter
TI-151	PNPN	100	25	250	10	50	
TI-152	PNPN	200	25	250	10	50	
TI-153	PNPN	300	25	250	10	50	
TI-154	PNPN	400	25	250	10	50	

### 2. Silizium-Transistoren

Anwendungen

TYP	ART	$P_C, W$	$U_{CB}, V$	$I_C, mA$	$h_{FE}$	$f_t, MHz$	
2S301	PNP	0,25	60	100	15	1	Chopper, DC- und NF-Verstärker
2S302	PNP	0,25	25	100	20	0,5	
2S303	PNP	0,25	25	100	30	1	
2S701	NPN	0,1	25	20	15-50	8	
2S702	NPN	0,1	25	20	30-90	12	
2S703	NPN	0,1	25	20	60-250	16	Servo- und NF-Verstärker
2S711	NPN	3	40	400	10-40	5	
2S712	NPN	3	40	400	20-80	5	
2N743	NPN	1	20	200	20-60	400!	
2N744	NPN	1	20	200	40-120	400!	
TI-480	NPN	0,6	50	60	9-36	1*	HF-Verstärker Leistungsstufen
TI-481	NPN	0,6	80	60	9-36	1*	
TI-482	NPN	2	20	500	20 min	60*	
TI-483	NPN	2	40	500	20-60	60*	
TI-484	NPN	2	40	500	40-120	60*	
TI-492	NPN	0,15	40	25	15-45	8*	Elektronische Rechner
TI-493	NPN	0,12	40	20	15-45	20*	
TI-494	NPN	0,12	40	20	40-125	20*	
TI-495	NPN	0,12	40	20	120-250	20*	

\* sa

### 3. Germanium-HF-Leistungstransistoren

2N1907	PNP	150	100	20A	100	20	KW-Leistungsstufen, Schalter
2N1908	PNP	150	130	20A	100	20	

### 4. Silizium-Photo-Duodioden

TYP	$U_{DM}$	$I_{dunkel}$	$I_{hell}$	$t_{max}$	
H-11	$\pm 50 V$	0,1 $\mu A$	80 $\mu A$	125 C	Lichtsteuerungen
H-38	$\pm 50 V$	7 $\mu A$	125 $\mu A$	125 C	

TEXAS INSTRUMENTS fertigt außerdem Transistoren und Dioden nach JAN-MIL, Tantalkondensatoren von 4,7 nF—330  $\mu F$ , Kaltleiter, Tunnel-dioden, Varactoren, Präzisionswiderstände und IR-Detektoren

Fordern Sie ausführliche Unterlagen an von:

Vertrieb:



ALFRED NEYE • ENATECHNIK

Darmstadt, Elisabethenstraße 17

Tel.: 7 63 69 und 7 28 30 • Telex.: 041 9357

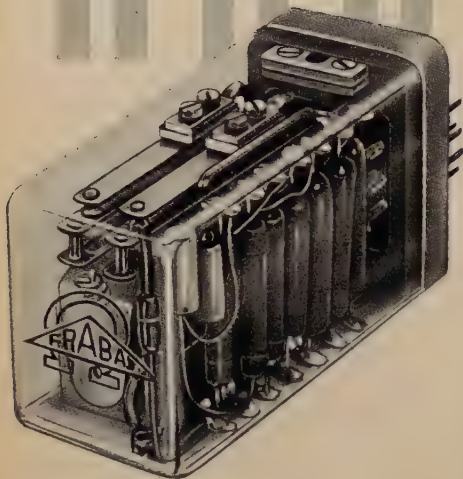
Techn. Büro:



TEXAS INSTRUMENTS Deutschland GmbH

Darmstadt, Rheinstraße 12¼

Tel.: 2 60 54



## TRANSISTOR-RELAIS TYPENREIHE TR

mit langer Lebensdauer, großer Betriebssicherheit, niedrigen Preisen und vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten.

**TRF** Feinrelais mit geringer Steuerleistung 95 Mikro-Watt (1,9 V 50 Mikro-Amp.) zum Schutz empfindlicher Kontakte.

**TRW** Zum Anschalten über hohe Außenwiderstände bis 500 k $\Omega$ , beispielsweise zum Abtasten von Flüssigkeiten.

**TRI** Zur Erfassung kurzer Impulse ab 50 Mikro-Sekunden.

**TRFF** Wie TRF, jedoch mit Fremderregung von 0,1-20 Volt.

**TRMM** Mit zwei stabilen Schaltstellungen als Minimal-Maximal-Relais.

Weitere Ausführungen mit entsprechenden Abwandlungen dieser Grundtypen sind möglich.

**Temperatur:** Garantiert von  $-20^\circ$  bis  $+65^\circ$  Umgebungstemperatur.

**Kontakte:** Bis 2 Wechselkontakte 1,5 Amp. bei 220 V ~.

**Erregerspannung:** 12—60 V Gs oder 220 V WS.

**Steuerkreis:** (mit oder ohne Fremderregung) 50 Mikro-Amp. bei 1,9 Volt.

Die Transistoren werden nur mit  $\frac{1}{3}$  der Leistungsmöglichkeit ausgenutzt.

**Ausführungen:**

a) in Steckergehäuse mit durchsichtiger staubdichter Haube ca. 92x38x53 mm

b) in Steckergehäuse aus Metall, hermetisch geschlossen, ca. 92x42x57 mm

c) mit Klemmenanschluß in Gehäuse A ca. 128x65x97 mm.

Fordern Sie unsere Technische Mitteilung Nr. 3 und Nr. 6 an.



FRANZ BAUMGARTNER  
KÖLN-NIEHL

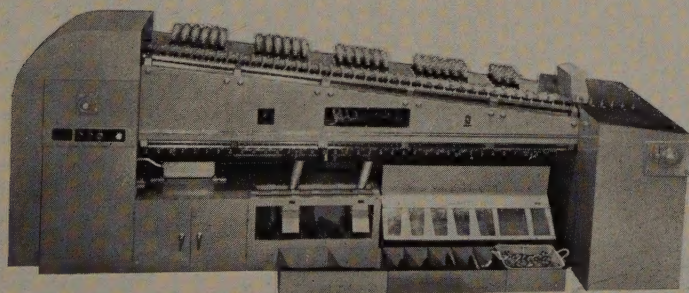
# Höchste Empfindlichkeit minimales Rauschen . . . .

Modernste elektronische Forschungsarbeit der Hitachi-Ingenieure hat jetzt zur Entwicklung einer hervorragenden Käfig-Gitter Zwillingstriode 6R-HH8 mit äußerst hoher Verstärkung und niedriger Rauschcharakteristik geführt. Als ein Glied der Abstimm-Vorrichtung garantiert 6R-HH8 ein ausgezeichnetes Schirmbild mit bemerkenswerter Schärfe.



Käfig-Gitter (6 R-HH8)

Hitachi fabriziert auch andere Empfangsröhren und Zubehöerteile zum Fernsehen, die in Verbindung mit der neuen 6R-HH8 Röhre jedem Apparatebauer eine noch bessere Marktstellung einbringen, als er gegenwärtig einnimmt.



Automatisches Röhren-Prüfgerät

Fig. 1 Verstärkungscharakteristik

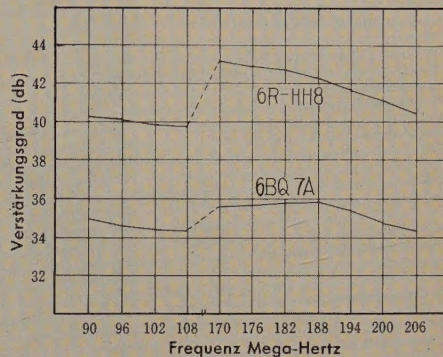
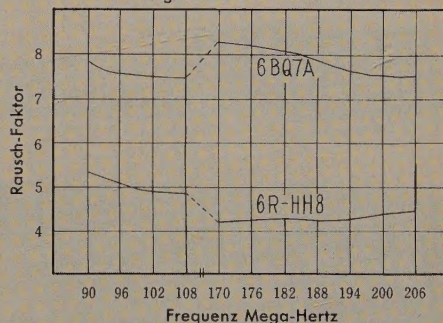


Fig. 2 Rauschcharakteristik



**Hitachi, Ltd.**

Tokyo Japan

Telegramm-Adresse: „HITACHY“ TOKYO



**damit Sie gleich bestellen können**

... und sich eine Anfrage ersparen,  
unterbreiten wir Ihnen ein vollständiges  
Angebot:

**PHILIPS**

**Wechselspannungs-Stabilisator  
10 kVA PE 4210**

Elektronisch-magnetischer Stabilisator mit  
Strom- und Spannungsmesser.

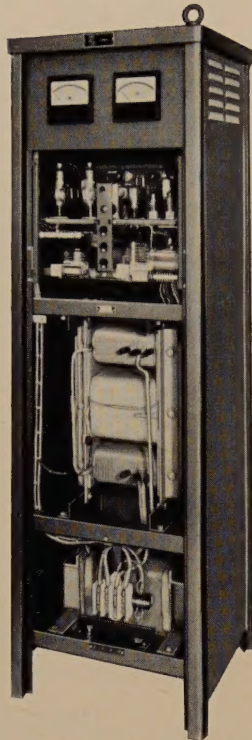
Nennspannung 220 V / 50 Hz, Ausgangs-  
spannung 220 V  $\pm$  0,1 % bei Spannungs-  
schwankungen zwischen 85 % und 110 %  
(187 V ... 242 V).

**DM 6 500,—**

Auch für Parallelschaltung (20 kVA)  
und Sternschaltung für Dreiphasennetze  
(3  $\times$  10 kVA).

Wir liefern Wechselspannungs-Stabilisa-  
toren in 7 Typen (magnetische, elektro-  
nisch-magnetische und motorgeregelte  
Stabilisatoren) mit Leistungen von 0,3  
bis 50 kVA.

Konstante Spannungen einstellbarer  
Größe durch Kombination mit Philips  
Stelltransformatoren.

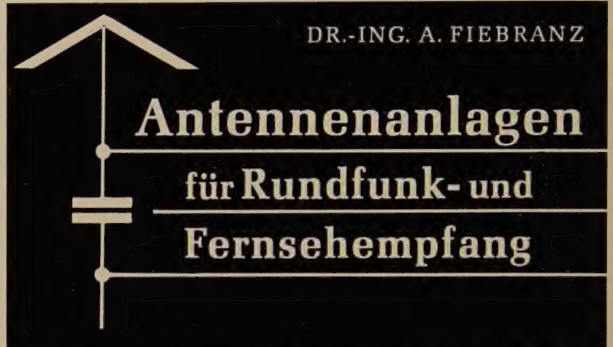


**ELEKTRO SPEZIAL**

INDUSTRIE-ELEKTRONIK · ABTEILUNG VB · HAMBURG 1 · PHILIPS-HAUS · 32 10 17

## Neuerscheinung

DR.-ING. A. FIEBRANZ



Antennenanlagen müssen den örtlich sehr verschiedenen Empfangsbedingungen angepaßt sein. Zur Wahl der richtigen Antenne und zur zweckmäßigen Ausführung von Antennenanlagen für Rundfunk- und Fernsehempfang gibt dieses Buch eine genaue Anleitung. Es vermittelt die unerläßliche Kenntnis der Grundlagen und behandelt besonders eingehend die praktische Anwendung von Antennen; auch Gemeinschaftsantennen-Anlagen und Kraftfahrzeugantennen sind umfassend erörtert. Damit ist das Buch ein hervorragender Ratgeber beim Bau der gebräuchlichsten Empfangsantennen.

### AUS DEM INHALT:

Drahtlose Übertragung · Grundlagen der Empfangs-  
antennen-Anlagen · Grundsätzliches zur Bemessung von  
Fernseh-Empfangsantennen · Elektromagnetische Wellen  
auf Leitungen · Empfangsmöglichkeiten mit verschiede-  
nen Antennenarten · Zubehör von Antennenanlagen ·  
Zweckmäßigkeit und Sicherheit von Antennen und Zu-  
behör · Gemeinschaftsantennen-Anlagen · Autoantennen

235 Seiten · 165 Bilder · 22 Tabellen

Ganzleinen **22,50 DM**

Zu beziehen durch jede Buchhandlung im Inland und Ausland  
sowie durch den Verlag

Spezialprospekt auf Anforderung

**VERLAG FÜR  
RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH**  
Berlin-Borsigwalde

# WETZER

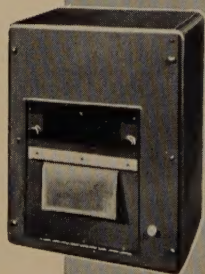


## Registrier- und Kontrollgeräte

Appareils d'enregistrements et de contrôles  
Registering and controlling appliances

### Druckwerke Imprimeurs Printing devices

zusammengestellt nach dem Baukastensystem  
— dienen zur Feststellung der Meßergebnisse  
in den verschiedensten Industriezweigen.—  
Abgesehen vom Meßwert werden noch  
Datum, Uhrzeit, Kennwert usw., je nach  
Kundenwunsch, berücksichtigt.



### Betriebsstundenzähler HORAMETER

Compteurs horaires de service

### Working hours counters

in elektrischer und mechanischer Ausfüh-  
rung, ermöglichen die Kontrolle von Ma-  
schinen jeder Art, wie: Werkzeugmaschinen,  
Kompressoren, Stapler, Bagger, Ölbrenner  
usw.



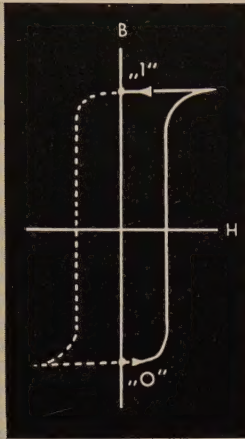
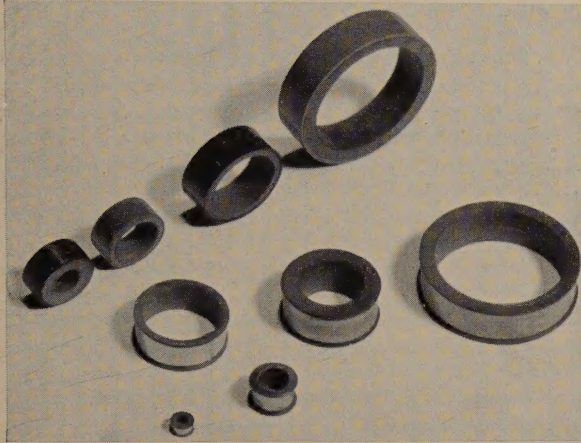
Verlangen Sie bitte Prospekt 11.

**HERMANN WETZER KG**

PFRONTEN / BAYERN

## WEICHMAGNETISCHE WERKSTOFFE

**VAC**  
 VACUUMSCHMELZE



### ZWERG-KERNE

mit extrem dünnen Bändern  
 für Speicher-, Steuer- und  
 Schaltaufgaben in Bandstärken  
 von 0,003 bis 0,050 mm

**ULTRAPERM® Z**

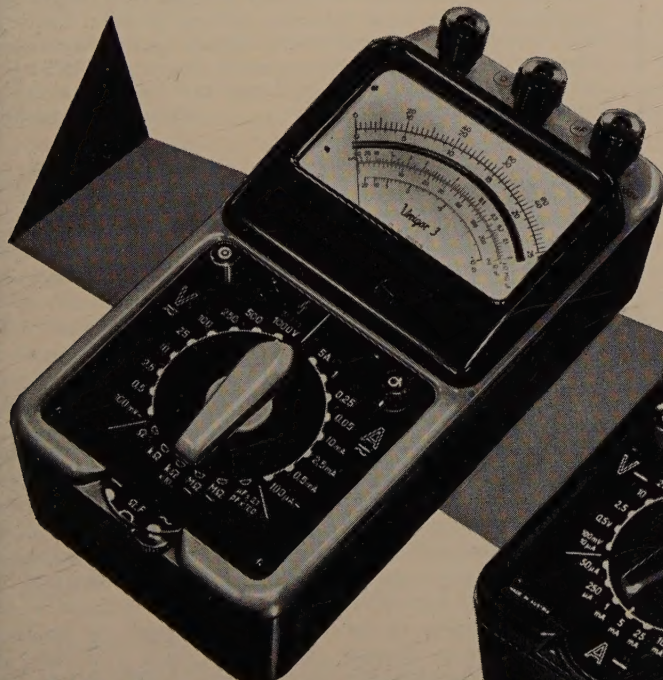
**PERMENORM 5000 Z®**

® Eingetragenes Warenzeichen

- Kleine Schaltzeit
- Hohe Induktion
- Kleine Koerzitivkraft
- Große thermische Stabilität

VACUUMSCHMELZE AKTIENGESELLSCHAFT · HANAU

## Immer an der Spitze



### UNIGOR 3

48 Meßberelche  
 25 000  $\Omega$  / V

METRAWATT A.G

### UNIGOR Vielfachmeßgeräte

für höchste Ansprüche  
 mit automatischem  
 Schutzschalter



### UNIGOR 4

30 Meßberelche  
 100 000  $\Omega$  / V

### UNIGOR 1

42 Meßberelche  
 3333  $\Omega$  / V

NÜRNBERG ◀

# VALVO

## Dauerstrich- Magnetron 55125

zur dielektrischen Erwärmung  
im Mikrowellenbereich für industrielle  
und gewerbliche Anlagen

H 0661/426



Das VALVO Dauerstrich-Magnetron Typ 55125 für das 2400-MHz-Industriefrequenzband ist eine fest abgestimmte Generatorröhre. Zum Einbau und Auswechseln der Röhre sind keine besonderen Fachkenntnisse erforderlich. Ferroxdure-Magnet und Magnetronsystem sind getrennt lieferbar.  
Nutzleistung 5,0 kW

VALVO GMBH HAMBURG 1



### AUS DEM INHALT

#### SEPTEMBERHEFT 1961

Band 15 (1961) Heft 9, Seiten 389—448

F. H. Rinn: Meßmethoden der Kernphysik IV .....	401
O. Hilke: Die Zentrale Cuxhaven der Elbe-Radarkette ...	405
G. Naumann: Ein Gerät zur automatischen Messung der Häufigkeitsverteilung von Impulsabständen .....	407
F. Dokter: Ein Folgeverstärker zum Anschluß von Tochterinstrumenten an Kompensatoren .....	409
H. Melcher: „RWO 40“ — Ein Rückwärtswellenoszillator für den Frequenzbereich 30...45 GHz .....	412
R. Hübner: Neue Automatisierungseinrichtungen in der Textilindustrie .....	415
G. Knauer: Transistor-Gleichspannungswandler 6V/3kV	417
Nachrichtentechnik und Elektronik auf der 9. Jahrestagung der Elektrotechniker .....	420
Zur Theorie des Farbensehens von Dr. E. H. Land .....	432
NF-Einbereichsgenerator und Frequenzgangschreiber .....	434
Referate	
Algebra und Topologie elektrischer Schaltungen .....	436
Unterwasser-Radar (Vedar) .....	436
Angewandte Elektronik .....	437
Tagungen · Vorträge .....	439
Aus Industrie und Wirtschaft .....	441
Neue Bücher .....	443

#### Beilagen

Inhaltskartei · ELRU-Informationen

Zu unserem Titelbild: Die von der *Elektro Spezial GmbH* erbaute Radarzentrale Cuxhaven ist nunmehr mit allen sechs Sichtgeräten ausgerüstet, die zu ihrer Gesamtausstattung gehören. Über den sechs Sichtgeräten befindet sich ein Tableau mit dem Verlauf der Elbe von Hamburg bis zur Mündung; die Kreise geben die Standorte beziehungsweise die Wirkungsbereiche der einzelnen Radarstationen an.

(Foto: Philips Pressestelle)

Zeichnungen vom Atelier der ELEKTRONISCHEN RUNDSCHAU  
nach Angaben der Verfasser

VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH, Berlin-Borsigwalde Eichborndamm 141—167. Telefon: Sammel-Nr. 492331 (Ortskennzahl im Selbstwählferndienst 0311). Telegramme: Fokiverlag Berlin. Fernschreiber: 0184352 fachverlage bln. Chefredakteur: Wilhelm Roth, Stellvertreter: Albert Jänicke, Techn. Redakteur: Dietrich Röhl, Anzeigenleitung: Walter Bartsch, Chefgraphiker: Bernhard W. Beerwirth, sämtlich Berlin. Postscheckkonto: ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU PSchA Berlin West Nr. 2854. Bestellungen beim Verlag, bei der Post und beim Buch- und Zeitschriftenhandel. Die ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU erscheint monatlich. Nachdruck — auch in fremden Sprachen — und Vervielfältigungen (Fotokopie, Mikrokopie, Mikrofilm usw.) von Beiträgen oder einzelnen Teilen daraus sind nicht gestattet. Die ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU darf nicht in Lesezirkel aufgenommen werden. Preis bei Postbezug im Inland monatlich 3,— DM zuzüglich 12 Pf Postgebühr, Einzelheft 3,50 DM zuzüglich Porto. — Druck: Druckhaus Tempelhof, Berlin

